

Solfangarar for norske lågenergibustadar

Kjetil Helge Hovstad

Master i produktutvikling og produksjon
Oppgåva levert: Juni 2009
Hovudrettleiar: Hans Martin Mathisen, EPT

Oppgåvetekst

Vurdere nytteverdi av solfangarar for romoppvarming og tappevannsoppvarming i norske lågenergi- og passivhus ut frå det generelle ønsket/behovet for redusert energibruk og CO₂-utslepp saman med økonomiske og tekniske synspunkt.

Oppgåva gitt: 21. januar 2009

Hovudrettleiar: Hans Martin Mathisen, EPT



MASTEROPPGAVE

for
Stud.techn.
Kjetil Helge Hovstad
Våren 2009

Solfangere for norske lavenergiboliger *Solar collectors for Norwegian low-energy houses*

Bakgrunn

Moderne godt isolerte boliger med ventilasjon og varmegjenvinning har lavt energibehov til oppvarming og ventilasjon. Dette har ført til at behovet for energi til oppvarming av tappevann er den dominerende energiposten, spesielt i lavenergi- og passivhus. Når beboerne ikke er til stede vil det også være et visst behov for energi til romoppvarming.

Deler av året kan behovet for energi til oppvarming av tappevann dekkes inn av solenergi. Det finnes imidlertid en rekke ulike løsninger for solfangere, og de kan kombineres med andre tekniske løsninger på ulike vis. Det er usikkert hvilke løsninger som er best for norsk klima og norske boliger.

Mål

Ut fra økonomiske og tekniske synspunkter og generelle ønsker/behov om redusert energibruk og CO₂-utslipp skal det gjøres en vurdering av nytteverdi av solfangere for romoppvarming og tappevannsberedning i norske lavenergi- og passivhus.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter

1. Gjøre rede for det teoretisk grunnlag for solfangere. (Potensialet med norske klimabetingelser, varmeoverføring, behov som kan dekkes osv.)
2. Forholdet til forskrifter og regelverk. (Blant annet: Hvordan solfangere regnes i forhold til NS 3031)
3. Eksisterende løsninger og produkter. (beskrivelser, fordeler/ulempes, tilgjengelige produkter i det norske og utenlandske markedet)
4. Erfaringer fra eksisterende løsninger.
5. Vurdering av muligheter og begrensninger:
 - a. Økonomi
 - b. Systemløsninger, integrasjon
 - c. Aktuelle bruksområder (tappevann, romoppvarming, varming av ventilasjonsluft o.a.)
6. Hva kan solfangere bety for reduksjon i landets energibruk og for reduksjon av CO₂-utslipp?
7. Behov for nye løsninger, anbefalinger.

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sendte instituttet en detaljert fremdrift- og evt. forsøksplan for oppgaven til evaluering og evt. diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved evt. utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. (For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og evt. figurnummer.)

Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesseteknikk.

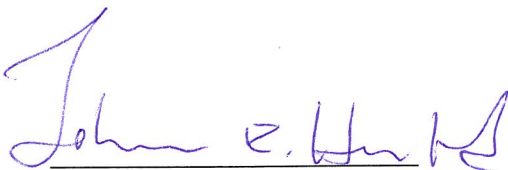
I henhold til ”Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet” ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater i undervisnings- og forskningsformål, samt til publikasjoner.

Ett -1 komplett eksemplar av originalbesvarelsen av oppgaven skal innleveres til samme adressat som den ble utlevert fra. (Det skal medfølge et konsentrert sammendrag på maks. en maskinskrevet side med dobbel linjeavstand med forfatternavn og oppgavetittel for evt. referering i tidsskrifter).

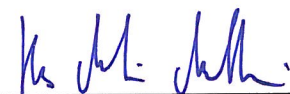
Til Instituttet innleveres to - 2 komplette, kopier av besvarelsen. Ytterligere kopier til evt. medveiledere/oppgavegivere skal avtales med, og evt. leveres direkte til, de respektive.

Til instituttet innleveres også en komplett kopi (inkl. konsentrerte sammendrag) på CD-ROM i Word-format eller tilsvarende.

Institutt for energi og prosesseteknikk, 12. januar 2009



Johan Hustad
Instituttleder



Hans Martin Mathisen
Faglig ansvarlig/veileder

Medveileder(e)

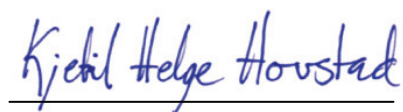
Forord

Denne masteroppgåva er utført ved NTNU våren 2009. Oppgåva representerer avslutninga av masterstudiet Produktutvikling og Produksjon med fordjuping innan faggruppa Energiforsyning og klimatisering av bygninger.

Målet med oppgåva er å gjere ei vurdering av nytteverdien av solfangarar for romoppvarming og oppvarming av tappevatn i norske lågenergi- og passivhus, samt å finne ut kva solfangarar kan bety for reduksjon av energiforbruk og CO₂-utslepp i Noreg.

Eg ynskjer å takke vegleiaren min Hans Martin Mathisen ved SINTEF Energiforskning for gode råd og vegleiing.

Trondheim 15. juni 2009

A handwritten signature in blue ink that reads "Kjetil Helge Hovstad". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Kjetil Helge Hovstad

Samandrag

Moderne, godt isolerte bustadar med ventilasjon og varmegjenvinning, har lågt energibehov til oppvarming. Dette har ført til at behovet for energi til oppvarming av tappevatn er den dominerande energiposten, spesielt i lågenergi- og passivhus.

Noreg har gjennom Kyoto-avtalen forplikta seg til å redusere utsleppa av klimagassar til 1% over 1990 nivå. For å nå dette målet er det nødvendig å redusere energiforbruket vårt. Auka bruk av solfangarar i Noreg vil kunne bidra positivt til reduksjon av klimagassar som følge av redusert energibruk.

Oppgåva gjennomgår grunnleggjande prinsipp for utnytting av solenergi til romoppvarming og oppvarming av tappevatn, samt aktuelle system og bruksområde.

For å gjere ei vurdering av nytteverdien av solfangarar i lågenergihus er det i denne oppgåva laga ein modell som reknar ut energiutbytte frå sola for fire leilegheiter med ulike varmebehov. Modellen tar utgangspunkt i solstrålingsdata og oppvarmingsbehov for ei leilegheit i Oslo. Ein lågenergibustad med solvarmeanlegg har stort potensiale til å redusere det årlege elektriske energiforbruket sitt. Antar ein at dette fører til tilsvarande reduksjon i energiproduksjon ved forureinande kolkraftverk i Europa, er potensialet for reduksjon av CO₂-utslepp også stort.

Ein investeringsanalyse basert på data frå modellen viser at det vil lønne seg å installere solfangaranlegg for varming av tappevatn. Det kan derimot ut frå privatøkonomiske synspunkt vere vanskelegare å forsvare ei større investering i solvarmeanlegg for romoppvarming i lågenergihus.

Summary

Modern, well-insulated houses with ventilation and heat recover, has low energy requirements for heating. The energy needed for heating hot tap water is therefore the dominant energy record, especially in low-energy and passive houses.

According to the Kyoto protocol, Norway is committed to reducing greenhouse gas emissions to 1% above 1990 levels. To achieve this goal it is necessary to reduce our energy consumption. Increased use of thermal solar collectors in Norway will contribute to the reduction of greenhouse gases as a result of reduced energy consumption.

To make an assessment of the value of solar collectors in low-energy houses, a model that estimates the energy yield from the sun for four apartments with different heating requirements has been created. The model is based on solar irradiance and heat requirements for a house in Oslo. Low-energy houses with solar heating systems have great potential to reduce the annual electrical energy consumption. Assuming that this leads to a corresponding reduction in energy production by polluting coal power plants in Europe, the potential for reduction of CO₂ emissions is also large.

An investment analysis based on data from the model shows that it will pay to install solar collectors for heating the hot tap water. It can, however, from a private economic point of view, be more difficult to defend a greater investment in solar heating systems for space heating in low-energy houses.

Innhold

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Innleiing | 1 |
| 1.1 | Bakgrunn | 1 |
| 1.2 | Mål for oppgåva | 3 |
| 1.3 | Oppbygging av rapporten | 3 |
| 2 | Teori | 5 |
| 2.1 | Lågenergi- og passivhus | 5 |
| 2.2 | Aktuelle solfangartypar | 6 |
| 2.3 | Verknadsgrad | 10 |
| 2.4 | Varmelager og systemløysingar | 11 |
| 2.5 | Solstråling, innstrålt effekt | 14 |
| 2.6 | Tilleggsvarme | 17 |
| 2.6.1 | Elektrisitet | 17 |
| 2.6.2 | Varmepumpe | 17 |
| 2.6.3 | Pellets | 19 |
| 2.6.4 | Fjernvarme | 20 |
| 2.6.5 | Nærvvarme | 20 |
| 2.6.6 | Naturgass | 20 |
| 3 | Forhold til forskrifter og regelverk | 21 |
| 4 | Aktuelle produkt | 25 |
| 4.1 | Norskutvikla solfangarar | 25 |
| 4.2 | Utanlandske solfangarar | 26 |
| 5 | Norske lågenergihus med solfangar | 27 |
| 5.1 | NorONE | 27 |
| 5.1.1 | Erfaring | 28 |
| 5.2 | Løvåshagen | 29 |
| 5.2.1 | Erfaring | 30 |
| 6 | Vurdering av nytteverdi | 31 |
| 6.1 | Aktuelle bruksområde og system | 31 |
| 6.2 | Modell for utrekning av varmebehov og energitilskot frå solfangar | 32 |
| 6.3 | Økonomi | 33 |
| 6.4 | Reduksjon av energibruken i landet | 37 |
| 6.5 | Reduksjon av CO ₂ -utslepp | 39 |
| 7 | Konklusjon | 41 |
| 8 | Forslag til vidare arbeid | 43 |
| | Referansar | 44 |
| | Vedlegg | 45 |

Figurliste

| | |
|---|----|
| Figur 1-1 Installert solfangarareal i ulike land i m ² pr. 1000 innbyggjarar [1]..... | 1 |
| Figur 1-2 Energibehov til romoppvarming for ein lågenergibustad i Oslo. [2] | |
| Solinnstråling på horisontalplan og mot sørvendt vertikal flate er også vist..... | 2 |
| Figur 2-1 Typisk energibruk i bustadar av ulik standard [2] | 5 |
| Figur 2-2 Absorbering og stråling for ulike overflater. [3] | 6 |
| Figur 2-3 Innstråling og varmetap for ein plan solfangar [5] | 7 |
| Figur 2-4 Reduksjon av varmetap som følgje av delvis vakuum | 8 |
| Figur 2-5 Virkemåte for vakuumrøyr med heat-pipe teknologi [6]..... | 9 |
| Figur 2-6 Figuren viser ei tørr kopling av vakuumrør | 9 |
| Figur 2-7 Verknadsgrad og temperaturområde for ulike typar solfangarar. X-aksen viser differanse mellom omgivnadstemperatur og solfangartemperatur ved ei innstråling på 1000W/m ² [7] | 10 |
| Figur 2-8 Indirekte system for varming av tappevatn.[2]..... | 12 |
| Figur 2-9 Direkte system for varming av tappevatn.[2] | 13 |
| Figur 2-10 System for kombinasjon av tappevatn og romoppvarming.[8] | 14 |
| Figur 2-11 Figuren viser korleis takvinkel og asimutvinkel påverkar den årlige solinnstrålinga.[9] | 15 |
| Figur 2-12 Daglig solinnstråling i Noreg for januar og juli [5]..... | 15 |
| Figur 2-13 Forhold mellom energibehov og energitilskot ved ulik hellingsvinkel | 16 |
| Figur 2-14 Alle varmepumper fungerer i prinsippet på same måte og består av fire hovudkomponentar: fordampar, kompressor, kondensator og trykkreduksjonsventil. [10]..... | 17 |
| Figur 5-1 Snitt av passivhus med solfangar i Løvåshagen. [15]..... | 29 |
| Figur 6-1 Energiforbruk frå 60-talet og fram til i dag [16]..... | 37 |

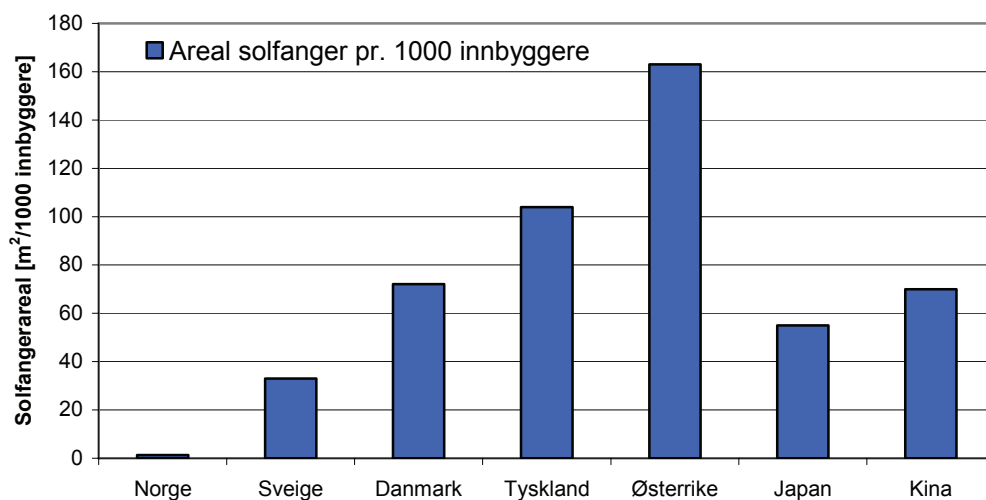
Tabellar

| | |
|---|----|
| Tabell 2-1 Verknadsgrad og varmetap for ulike solfangartypar | 11 |
| Tabell 3-1 Forslag til krav til maksimalt samla CO ₂ -utslepp eller krav til minimumsandel fornybar energi for å dekke varmebehovet i bygget [13]..... | 22 |
| Tabell 5-1 Energikonseptet til NorONE | 27 |
| Tabell 6-1 Modell for utrekning av potensielt energitilskot og energiutbytte frå sola | 32 |
| Tabell 6-2 Oversikt over eksempla brukt i oppgåva | 33 |
| Tabell 6-3 Noverdiberekning for eksempel 1 | 35 |
| Tabell 6-4 Oversikt over investeringskostnad, energiutbytte og noverdi for fire eksempl | 36 |
| Tabell 6-5 Utslepp av CO ₂ pr MWh produsert elektrisitet ved ulike aktuelle energikjelder. [18]..... | 39 |
| Tabell 6-6 Reduksjon i CO ₂ -utslepp på grunn av bruk av solfangar, i høve til erstatta energikjelde | 39 |

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Sola leverer daglig til jorda ei enorm energimengd som overstig vårt energiforbruk mange gonger. Den årlege innstrålinga frå sola utgjer 15000 gonger meir energi enn det totale energiforbruket på jorda. Sola er ei tilnærma utømmelig energikjelde som vil eksistere så lenge vi har bruk for energi på jorda. Fossilt brensel som kol, gass eller olje, er derimot avgrensa og dei neste generasjonane vil ikkje kunne bruke desse kjeldene utan restriksjonar viss dei i det heile varer så lenge. I eit langsiktig perspektiv framstår direkte bruk av solenergi derfor utan tvil som ei av dei viktigaste energikjeldene.

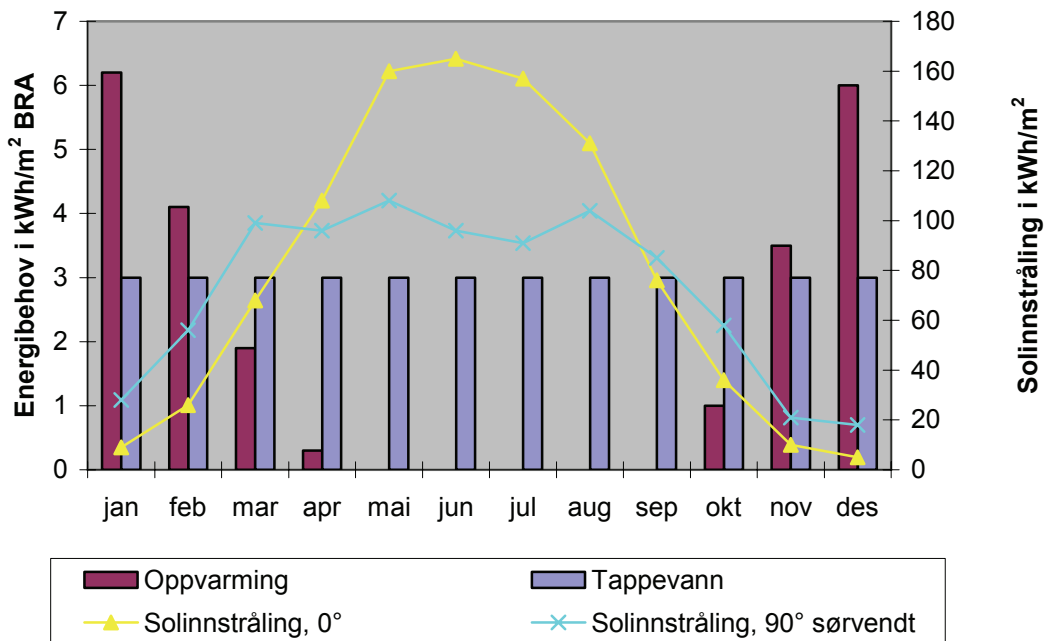


Figur 1-1 Installert solfangarareal i ulike land i m² pr. 1000 innbyggjarar [1]

Mange har kjennskap til bruk av solenergi til elektrisitetsproduksjon i mindre skala på hytter og feriehus. Solenergi til varmtvatn og oppvarming er derimot ikkje så vanleg i Noreg. I internasjonal samanheng ligg vi langt etter i utnytting av solvarme. Berre 1,3 m²/1000 innbyggjarar er svært lite når ein samanliknar

med land som Danmark, Tyskland og Austerrike som er langt framme i utvikling av solfangarteknologi.

Forbruket av varmt tappevatn i eit hushald er nokolunde konstant gjennom heile året. Bruk av solenergi til å varme tappevatn kan derfor lønne seg sidan ein då kan nytte seg av solenergien også om sommaren når ein ikkje har behov for romoppvarming. Ein har dermed eit betre forhold mellom tilgjenge på solenergi og varmebehov.



Figur 1-2 Energibehov til romoppvarming for ein lågenergibustad i Oslo. [2] Solinnstråling på horisontalplan og mot sørvendt vertikal flate er også vist.

På årsbasis kan eit riktig dimensjonert system dekke 50-60% av behovet for varmtvatn. Om sommaren vil ein stort sett kunne dekke heile behovet, mens ein om vinteren treng ei ekstra energikjelde. Med somme andre aktuelle energikjelder, t.d. olje eller pelletsfyring, vil ein ha eit omvendt problem med dårleg verknadsgrad om sommaren på grunn av stadig av og på kopling.

1.2 Mål for oppgåva

Målet med oppgåva er å gjere ei vurdering av nytteverdien av solfangarar for romoppvarming og oppvarming av tappevatn i norske lågenergi- og passivhus, samt å finne ut kva solfangarar kan bety for reduksjon av energiforbruk og CO₂-utslepp i Noreg.

1.3 Oppbygging av rapporten

Kapittel 2 inneheld nødvendig teori for å forstå korleis solenergi kan nyttast til å varme vatn. Kapittel 3 tar for seg forskrifter og regelverk, og korleis desse tar omsyn til solfangarar.

I kapittel 4 og 5 vert det sett på aktuelle produkt og erfaringar med bruk av solfangarar i norske lågenergibustadar.

Kapittel 6 startar med ein introduksjon til aktuelle bruksområde før ein modell for utrekning av energiutbytte frå solfangarar vert presentert. Vidare vert det gjort ein investeringsanalyse for å kunne diskutere nytteverdien av solfangarar ut frå økonomiske synspunkt. Til slutt i kapitlet vert det diskutert kva solfangarar kan bety for reduksjon av energiforbruk og CO₂-utslepp i Noreg.

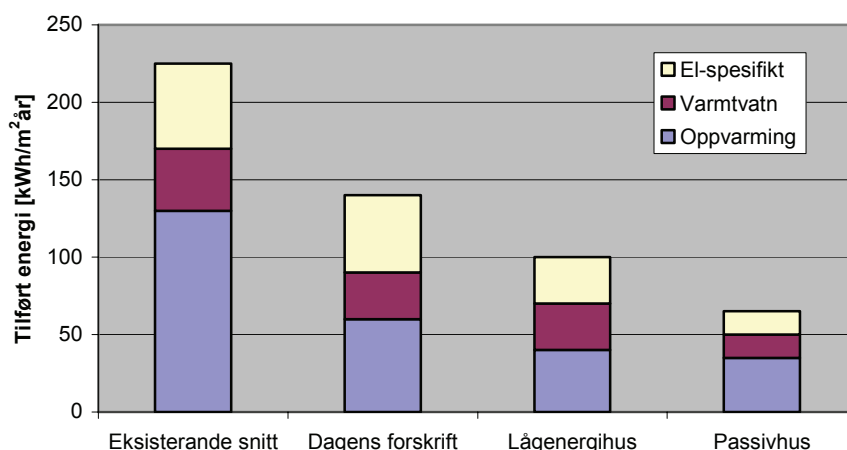
Til slutt vert konklusjonen presentert i kapittel 7 og forslag til vidare arbeid står i kapittel 8

2 Teori

2.1 Lågenergi- og passivhus

Lågenergihus har eit vesentlig lågare energibehov til oppvarming enn andre hus. Oppvarmingsbehovet er om lag 30 kWh/m²år og det totale energibehovet er under 100 kWh/m²år. Til samanlikning vil eit småhus etter dei gjeldande forskriftskrava ha ei energiramme på ca 140 kWh/m²år og eit oppvarmingsbehov på ca 60 kWh/m²år.

Passivhus har endå lågare energibruk og oppvarmingsbehov. Det totale energibehovet er under 70 kWh/m²år, og oppvarmingsbehovet kan ikkje overstige 15 kWh/m²år.



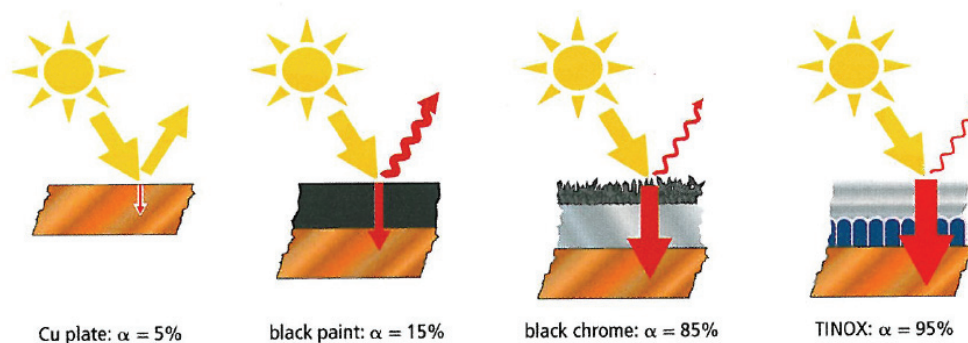
Figur 2-1 Typisk energibruk i bustadar av ulik standard [2]

Det er fleire faktorar som bidrar til å oppnå eit så lågt oppvarmingsbehov for både passivhus og lågenergihus. Det viktigaste er å redusere varmetapet frå bygningen. Det vert brukt balansert ventilasjon med ein effektiv varmegjenvinnar. Huset må byggast heilt tett og vere ekstra godt isolert. Vindauga er superisolerte og plassert slik at ein kan utnytte solvarmen på ein effektiv måte.

2.2 Aktuelle solfangartypar

Dei vanlegaste solfangarane for bruk i bustader er i hovudsak plane og vakuummørfangarar. Plane solfangarar har blitt brukt til oppvarming av rom og forbruksvatn i over 30 år, men dei siste åra har det blitt meir og meir vanleg å bruke vakuummøyr. Utviklinga gjennom desse åra har gjort at kvalitet og ytelse i dag er på eit akseptabelt og brukbart nivå. Auka fokus på miljø, alternativ energi og lågenergihus gjer at etterspurnaden etter solfangarar aukar også i Noreg. Solfangarar vert tilpassa for å kunne integrerast i tak og fasadar på ein måte som også er estetisk god.

Solfangaren er den viktigaste komponenten i eit solvarmeanlegg. Den består i si enklaste form av ein absorbatore som kan absorbere energi frå sola og overføre den som varme til sirkulerande vatn eller ei anna eigna væske. Absorbatoren er gjerne laga av ei tynn metallplate av kopar eller aluminium med ei mørk overflate.

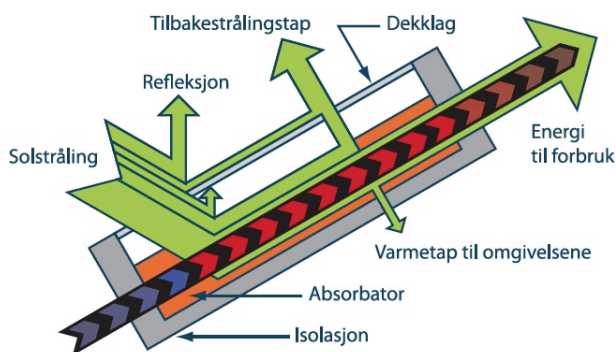


Figur 2-2 Absorbering og stråling for ulike overflater. [3]

Solstrålinga som treff absorbatoren vert delvis absorbert og delvis reflektert avhengig av eigenskapane til overflata. Figur 2-2 viser effekten av ulike overflater på absorbatoren. Ei blank metalloverflate har liten termisk stråling og dårlege absorberingsegenskapar. For å utnytte mest mogleg av solenergien er det nødvendig med ei selektiv overflate på absorbatoren. Den selektive overflata består av eit tynt sjikt av eit materiale med høg absorpsjonsevne. Dette laget er tynnare enn bølgjelengda til varmestrålinga og det kan derfor ikkje skape varmestråling. Den termiske strålinga er derfor avhengig av den blanke overflata under det selektive laget. Sidan ei blank metalloverflate har liten termisk stråling,

vil ein stor del av solenergien blir absorbert og veldig lite vert reflektert. Solstråling og varmestråling vert altså behandla ulikt av absorbatoren.[4] Dei mest vanlege selektive overflatebelegga er svart krom og svart nikkel. Desse har ein absorpsjonsfaktor mellom 85-95% og ein emisivitet mellom 10-15%. Nyare typar belegg som titaniumoksinitrid (TINOX) har ein absorpsjonsfaktor på 95% og ein emisivitet på ca 3-5%.[3]

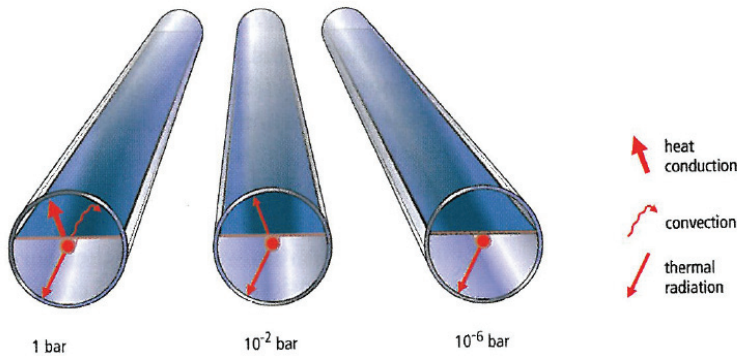
Ein så enkel konstruksjon vil i norsk klima føre til store varmetap og låg verknadsgrad. Ved å montere ei gjennomsiktig plast- eller glasplate på framsida, vil ein kunne oppnå vesentleg betre effektivitet på solfangaren. Dekkglaset vernar mot konvektivt varmetap som ein får når luft passerer over absorbatoren. Det hindrar også langbølgja varmestråling å sleppe ut igjen frå solfangaren. Absorbatoren blir derfor ikkje så nedkjølt, og i tillegg vil snø lettare gli av solfangaren på grunn av den glatte overflata. For å redusere varmetapet enda meir, er det mange produsentar som tilbyr dekkglas med lågemiterte belegg. Dette kan derimot føre til dårlegare transmisjon i glaset, og vil ikkje alltid vere ein fordel. Det er også viktig å isolere solfangaren. Plane solfangarar vert isolert på baksida og rundt sidekantane.



Figur 2-3 Innstråling og varmetap for ein plan solfangar [5]

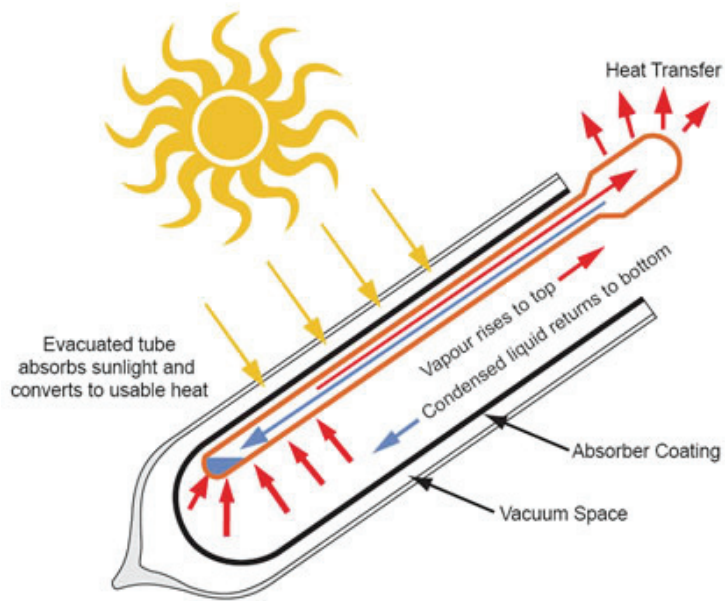
Vakuumbøyringsolfangarar nyttar seg av vakuum som isolasjon for å hindre varmetap. Dette er svært effektivt slik at denne typen solfangar også kan brukast kalde dagar om vinteren. Varmetapet består, som illustrert på Figur 2-4, av konduksjonstap, konveksjonstap og strålingstap. Konveksjonstapet kan ein eliminere ved å redusere trykket i røyrret til 10^{-2} bar. Ved lågare trykk enn dette vert også konduksjonstapet redusert, og ved 10^{-6} bar har ein berre strålingstap.

Strålingstapet kan ein ikkje redusere med vakuum fordi stråling ikkje treng noko medium å vandre gjennom.



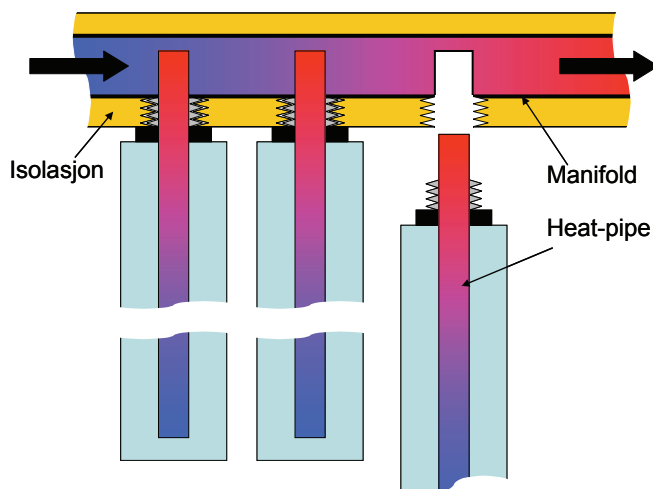
Figur 2-4 Reduksjon av varmetap som følge av delvis vakuu[3]

Ytterst er det eit glasrøyrt som også kan vere antirefleksjonsbehandla. Inne i glasrøyret er det ein absorbatoren som er kopla saman med røyret som skal transportere varmen. Det er to måtar å transportere varmen frå røyret. Ved direktegjennomstrøyming flyt det varmeberande mediet gjennom absorbatoren inne i vakuu røyret. Ved bruk av heat-pipe vert derimot varmen transportert via ein termodynamisk syklus før den vert overført til varmemediet. Ved oppvarming av absorbatoren vert arbeidsmediet fordampa og stig opp til kondensatoren i enden av vakuu røyret. Der vert varmen overført til solfangarkretsen, mediet kondenserer og renn tilbake til botnen av heat-pipen. For at denne prosessen skal fungere, må solfangaren ha ei helling på minst 20° . Direktegjennomstrøymingsrøyrt har ikkje noko krav til hellingsvinkel for å fungere. Begge typane har derimot likevel ein optimal hellingsvinkel i forhold til solinnstråling, årstid og geografisk plassering.



Figur 2-5 Virkemåte for vakuumsøyr med heat-pipe teknologi [6]

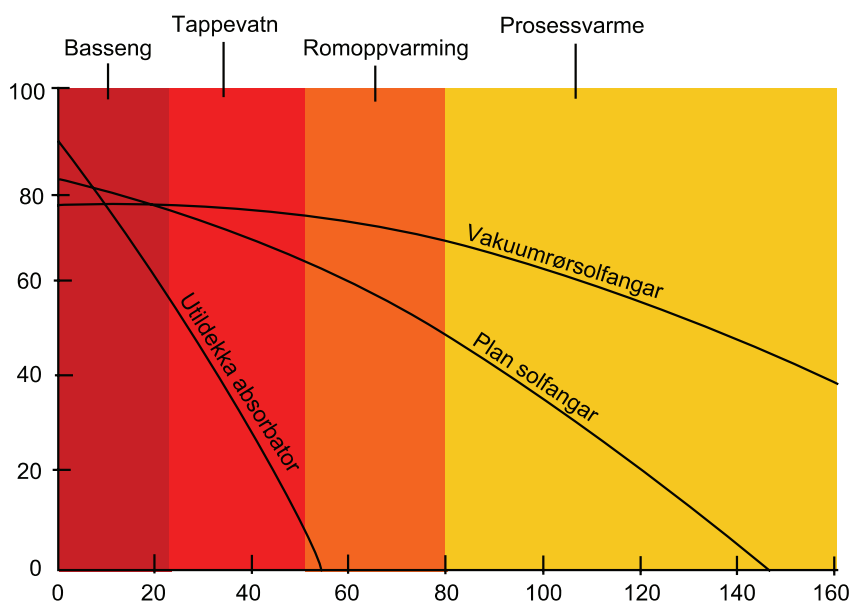
Vakuumsøyra vert kopla til solfangaren via eit forgreiningssøyr som vert kalla manifold. Vakuumsøyr med heatpipe kan koplast til manifolden på to ulike måtar med kvar sine fordelar. Enten kan ein bruke ei ”våt” kopling der varmevekslardelen er plassert direkte i væskestraumen i manifolden. Dette vil gi best verknadsgrad. Alternativt kan ein bruke ei tørr kopling. Då er ikkje varmevekslaren på søyret i direkte kontakt med væskestraumen. Fordelen med denne løysinga er at ein då kan bytte individuelle søyr utan å måtte tappe ned heile systemet.



Figur 2-6 Figuren viser ei tørr kopling av vakuumsøyr

2.3 Verknadsgrad

Verknadsgraden til solfangaren er definert som forholdet mellom nyttbar varmeproduksjon frå solfangaren og mengda av solstråling som treff solfangaren. På grunn av auka varmetap vert verknadsgraden redusert ved høgare absorbatortemperatur. I tillegg til varmetap har ein også tap på grunn av refleksjon frå dekkglaset. Dette utgjer om lag 20% for dei fleste solfangarar.



Figur 2-7 Verknadsgrad og temperaturområde for ulike typar solfangarar. X-aksen viser differanse mellom omgjevnadstemperatur og solfangartemperatur ved ei innstråling på $1000\text{W}/\text{m}^2$ [7]

Den optiske verknadsgraden h_0 viser ein samanheng mellom kor stor del av solstrålinga som slepp gjennom dekkglaset og kor mykje som vert absorbert i solfangaren. Faktoren h_0 er produktet av transmisjon og absorpsjon.

Varmetapet kan beskrivast med ein termisk tapsfaktor som vert kalla k-verdi. Den er gitt i $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ der m^2 er solfangararealet og $^\circ\text{C}$ er temperaturforskjellen mellom absorbatoren og omgjevnadane. Denne viser at høgare temperaturforskjell gir større varmetap. Ved ein viss temperaturforskjell vil tapet

vere like stort som varmen som blir produsert, og solfangaren vil ikkje levere energi til systemet. Ein god solfangar har ein h₀ faktor og ein låg k-verdi.

Tabell 2-1 Verknadsgrad og varmetap for ulike solfangartypar

| Type solfangar | h ₀ faktor | k-verdi [W/m ² °C] | Temperaturområde [°C] |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Plastabsorbator | 0,82 til 0,97 | 10 til 30 | opp til 40 |
| Plan | 0,66 til 0,83 | 2,9 til 5,3 | 20 til 80 |
| Vakuumsøyr | 0,62 til 0,84 | 0,7 til 2,0 | 50 til 120 |

Den viktigaste faktoren ein må ta omsyn til når ein skal velje solfangartype, er kva temperatur ein har bruk for. For å varme vatn til symjebasseng vil det vere nok med ein billig plastabsorbator utan isolasjon og dekkglas. Temperaturkravet er forholdsvis lågt, og temperaturforskjellen til omgjevnadane er forholdsvis liten. Skal ein derimot bruke varmen til oppvarming av tappevatn eller romvarme, må ein ha ein betre solfangar. Både vakuumsøyr og plane solfangarar klarer å levere vatn med høg nok temperatur til dette. Av Figur 2-7 ser ein at vakuumsøyr har ein betre verknadsgrad når temperaturdifferansen mellom absorbator og omgjevnadane vert stor. Dette viser at om vinteren vil vakuumsøyr kunne vere eit betre val enn ein plan solfangar. Likevel må ein vurdere desse alternativa opp mot kvarandre i kvart enkelt tilfelle. Vakuumsøyr er ein del dyrare enn ein plan solfangar, og ein må derfor vurdere kva ein har bruk for.

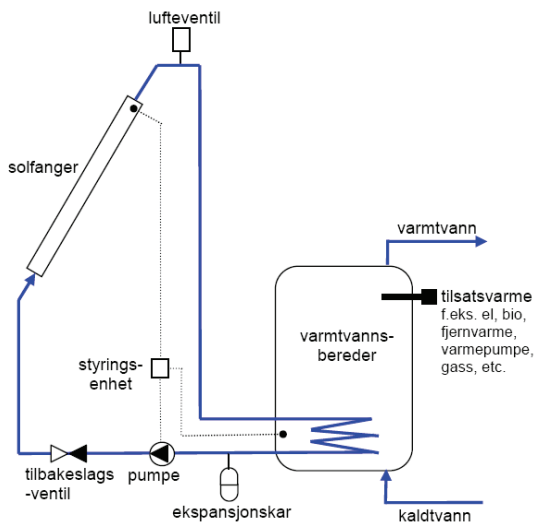
2.4 Varmelager og systemløyisingar

Varmelageret er ein sentral komponent i eit solvarmesystem. Solvarmen må som oftast lagrast frå produksjonstidspunktet til den skal brukast. Solfangarane produserer mest varme midt på dagen når solstrålinga er størst, men det er ikkje nødvendigvis då ein har bruk for varmen. Lagring mellom årstider byr på store utfordringar og er førebels lite aktuelt for private hushald. Ein må likevel ha ein lagertank for å lagre varme frå dag til natt og mellom nærliggjande dagar med ulik solintensitet. Lagertankar som vert brukt til solfangarar er som regel litt større enn ein normal varmtvasstank. I tillegg til solfangarkretsen har dei også elektrisk kolbe og eventuelt tilkopling for andre eksterne oppvarmingskjelder som pellets, olje eller gass. Eit solfangarsystem for oppvarming av forbruksvatn til ein gjennomsnittleg familie bør ha ein lagertank på om lag 300 liter. Om ein i

tillegg skal bruke solvarme til romoppvarming, bør lageret vere mellom 1000 og 3000 liter for ein typisk familiebustad. [8]

Ein god lagertank for solvarme har ei høg, slank sylindrisk form for å oppnå lagdeling av temperaturen i tanken. Dette gjer at ein ikkje treng varme opp heile tanken. Varmt vatn vil stige til toppen og kaldt vatn vil halde seg i botnen. Varmevekslaren til solkretsen er plassert i botnen av tanken for å utnytte temperaturforskjellen best mulig. Ein hentar ut varmt vatn på toppen, og den elektriske kolba eller andre eksterne varmekjelder varmar berre vatnet øvst i tanken.

Det er fleire ulike måtar å kople solfangaren til varmelagertanken. Figur 2-8 viser eit indirekte system, som er det mest vanlige i kalde område der ein treng frostvæske i solfangaren. Varmen frå solfangaren vert overført til lagertanken gjennom enten ein intern varmevekslarspiral som på figuren, eller ein ekstern varmevekslar. Det er også mulig å bruke ein mantel rundt tanken.

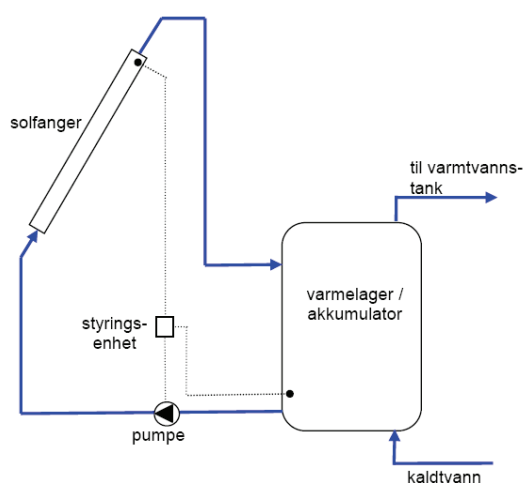


Figur 2-8 Indirekte system for varming av tappevatn.[2]

Sirkulasjonspumpa vert styrt av eit system som startar sirkulasjonen i solkretsen når temperaturen på toppen av solfangaren er høgare enn temperaturen i akkumulatortanken, ved varmevekslaren. For å unngå for mange start og stopp

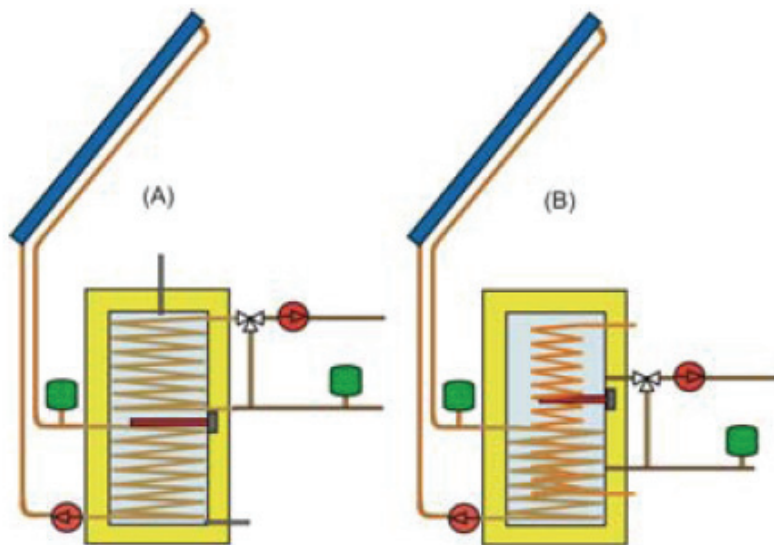
av pumpe vert det brukt settpunktverdiar for når pumpe skal starte og stoppe. Typiske verdiar kan vere at pumpe startar ved $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$, og stoppar ved $\Delta T=2^{\circ}\text{C}$.

Tilbakeslagsventilen hindrar at systemet vert reversert når temperaturen i solfangaren er lågare enn i akkumulatortanken. For å sikre riktig tappevasstemperatur vert tilleggsvarme tilført i den øvste delen av akkumulatortanken.



Figur 2-9 Direkte system for varming av tappevatn.[2]

Figur 2-9 viser eit direkte system for oppvarming av varmtvatn. Solfangaren varmar då direkte opp vatnet i tanken utan bruk av varmevekslar. Skal vatnet brukast som forbruksvatn, er det vanleg at vatnet frå varmelageret vert varmeveksla mot ein annan varmtvasstank. Systemet eignar seg for bruk med solfangarar som har automatisk avtapping ved fare for frost.



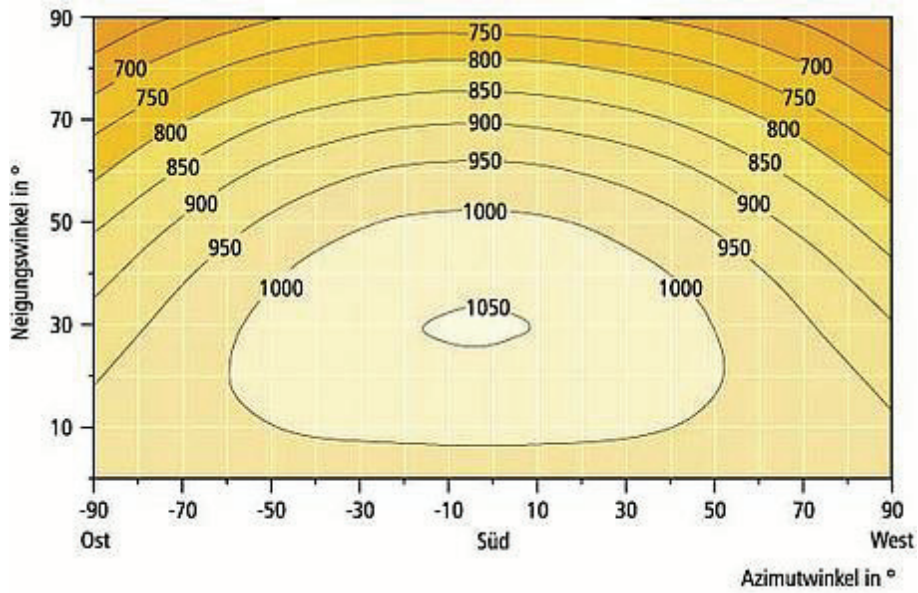
Figur 2-10 System for kombinasjon av tappevatn og romoppvarming.[8]

Figur 2-10 viser to vanlege system for kombinasjon av tappevatn og romoppvarming. Akkumulatoren i system A inneheld tappevatn med normalt trykk. Romvarmen vert henta gjennom ein varmevekslarspiral i toppen av tanken. Tilleggsvarme vert tilført øvst i tanken der vatnet er varmest. I system B vert vatn til romvarme henta direkte frå tanken, medan tappevatn vert varma gjennom ein spiral som går frå botnen til toppen av tanken. Dette systemet kan enten ha varmevekslaren til solfangaren inne i tanken som vist på figuren, eller ein kan bruke ein ekstern varmevekslar.

2.5 Solstråling, innstrålt effekt

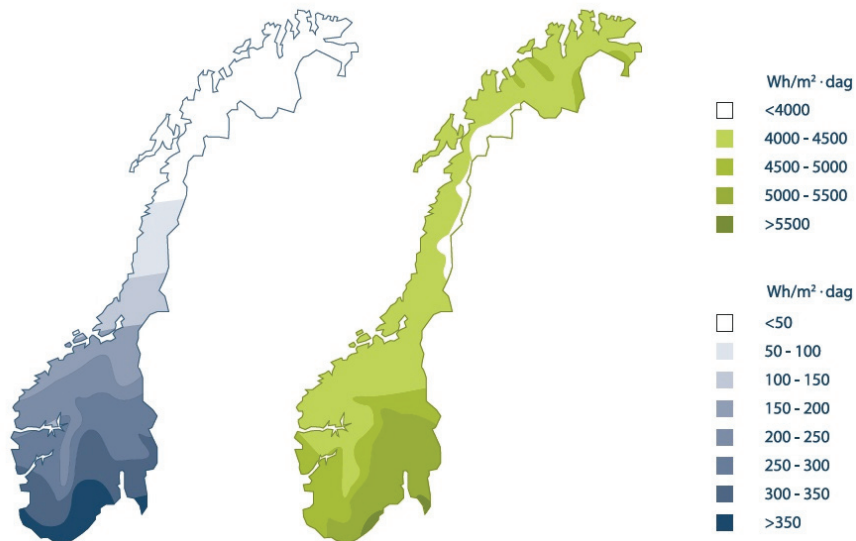
Den optimale plasseringa av ein solfangar vil vere vinkelrett mot sola. Dette vil naturlegvis vere vanskelig å få til i praksis sidan solvinkelen og retning varierer gjennom dagen og året.

Variasjon frå sørlig retning opp til 30° fører likevel berre til små tap. Større avvik frå sørlig retning kan også oppvegast ved å bruke ein solfangar med litt større areal. Takvinkelen varierer gjerne mellom 20° og 60° . Liten vinkel gir størst utbytte om sommaren, mens ein stor vinkel gir best utbytte om vinteren når sola står lavt over horisonten.



Figur 2-11 Figuren viser korleis takvinkel og azimutvinkel påverkar den årlige solinnstrålinga.[9]

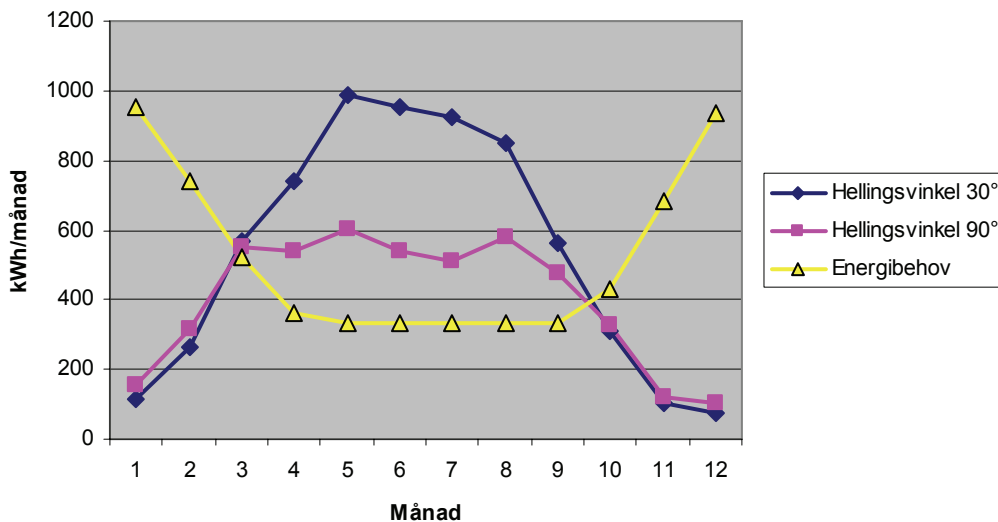
I Noreg vil den årlege innstrålinga variere mellom 700 kWh/m² i nord til ca 1100 kWh/m² i sør. For Oslo er den største årlege innstrålinga 1149 kWh/m² på ei flate med hellingsvinkel 30° (typisk plassert på eit tak) vendt mot sør. Om ein har 8m² solfangar med verknadsgrad på 70%, kan ein teoretisk hente ut ca 6400 kWh på eit år. Store delar av dette vil vere om sommaren når ein har mindre behov for varmt vatn.



Figur 2-12 Daglig solinnstråling i Noreg for januar og juli [5]

Fyringssesongen startar normalt sett i slutten av september og varer til byrjinga av mai. For lågenergihus i Oslo er fyringssesongen frå oktober til byrjinga av april. Resten av året har ein oftast berre behov for oppvarming av tappevatn. Forbruket av tappevatn er nokså konstant gjennom året. For ein typisk familie på fire personar, vil energibehovet til tappevatn vere om lag 4000 kWh pr. år eller ca 330 kWh pr. mnd.

Ein solfangar på 8m^2 og hellingsvinkel 30° , som altså totalt gir 6400 kWh, vil kunne gi 3400 kWh nyttbar energi til romoppvarming og tappevatn. Solfangaren har dermed eit teoretisk potensiale på 3000 kWh som ikkje vert utnytta. Dersom ein monterer den same solfangaren vertikalt, vil ein ha eit potensiale på ca 4800 kWh. På grunn av at vinkelen er meir optimal for den lave vintersola, og at ein ikkje har nytte av så mykje varme om sommaren, vil ein likevel kunne hente ut 3570 kWh. Som ein kan sjå av Figur 2-13 vil overskotet av energi om sommaren, når ein ikkje har like stort behov, vere mindre. Dette viser at om ein monterer solfangaren på taket eller på ein vegg, så kan ein hente ut om lag like stor energimengd, gitt at ein har dei same føresetnadane som er lagt til grunn for dette eksempelet. Ein arkitekt vil derfor stå friare med omsyn på plassering av solfangar på lågenergi- og passivhus.



Figur 2-13 Forhold mellom energibehov og energitilskot ved ulike hellingsvinkler

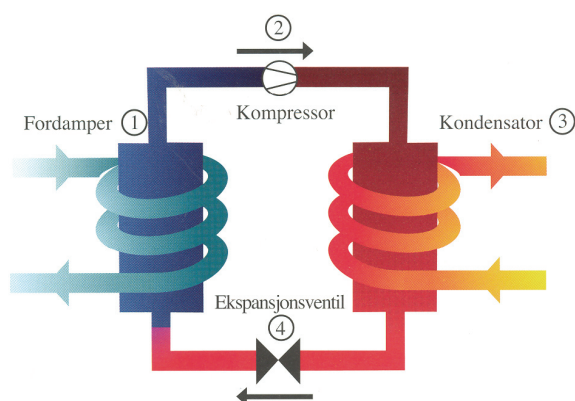
2.6 Tilleggsvarme

2.6.1 Elektrisitet

Den enklaste forma for tilleggsvarme vil vere bruk av elektrisitet. Dette er enkelt å integrere i varmelageret og har svært låg investeringskostnad. Som tilleggsvarme kan det også vere aktuelt å bruke elektrisitet til direkte romoppvarming i staden for å bruke det til å varme vatn til golvvarme. Elektrisitet kan også vere eigna som tilleggsvarme for tappevatn sidan andre system vil krevje store investeringar i høve til bruksvolum. I eit litt større perspektiv er det likevel lite ynskjeleg å bruke ei høgverdig energiform som elektrisitet til oppvarmingsformål. Det er også litt sjølvmotseiande å bruke elektrisitet til romoppvarming i miljøvennlege system.

2.6.2 Varmepumpe

Ved å bruke ei varmpumpe kan ein hente ut lågverdig energi frå luft, jord eller vatn og omdanne den til høgverdig energi. På denne måten kan ein få ut meir energi enn ein tilfører varmpumpa. Varmepumper er vanleg å bruke til romoppvarming i mange bustadar. Ei varmpumpe bør dimensjonast for 40- 60 % av det høgaste effektbehovet. Grunnen til dette er at det vert unødvendig dyrt med ei varmpumpe som klarer å levere nok varme også dei aller kaldaste dagane. Dette medfører på si side at ein må ha med enda ei varmekjelde for dei kaldaste periodane og som sikkerheit ved straumbrot. Det må også nemnast at den tilførte energien til pumpa er høgverdig elektrisk energi som vi i framtida helst vil bruke minst mogleg av til oppvarming.



Figur 2-14 Alle varmpumper fungerer i prinsippet på same måte og består av fire hovudkomponentar: fordampar, kompressor, kondensator og trykkreduksjonsventil. [10]

I fordamparen vert arbeidsmediet varma opp via ein varmevekslar. På grunn av lågt trykk fordampar arbeidsmediet ved låg temperatur. Kompressoren aukar trykket på det fordampa arbeidsmediet og dermed også temperaturen. Kompresjonen krev tilført mekanisk arbeid i form av ein elektromotor. I kondensatoren avgir arbeidsmediet varme til varmekretsen og arbeidsmediet kondenserer. Ekspansjonsventilen, eller trykkreduksjonsventilen, senkar trykket og dermed temperaturen slik at arbeidsmediet får lågare temperatur enn varmekjelda, og kan dermed ta til seg varme frå denne.

Arbeidsmediet er væska som sirkulerer rundt i varmepumpa. Denne væska fordampar lett. Ved å veksle mellom gass og flytande form kan den oppta og avgir varme. I dag er R-410A mykje brukt. Dette mediet opererer på høgare trykk enn tidlegare arbeidsmedium, og på grunn av det har produsentane utvikla heilt nye system som gir betre effektfaktor og høgare varmeeffekt ved lågare utetemperaturar. Det er også blitt vanlegare å bruke CO₂ som kuldemedium i høgtemperatursystem i dag. CO₂ er mykje meir miljøvennlig i forhold til tradisjonelle arbeidsmedium og det gir i tillegg ein god effektfaktor.

Som nemnt over, kan ein ved å bruke ei varmepumpe ta ut meir energi i form av varme i forhold til den elektriske energien ein må tilføre den. Dette forholdet vert kalla COP (Coefficient Of Performance), men er også kjent som varmefaktor eller effektfaktor.

For varmepumper til vassbåren varme, skil ein mellom høgtemperatur- og lågtemperatursystem. Lågtemperatursystem har generelt ein betre effektfaktor sidan det ikkje treng levere så høg temperatur. Denne typen eignar seg best til golvvarme. Høgtemperatursystem er designa for å levere ein høg vasstemperatur, og vil dermed kunne brukast i eit radiatorsystem og til varming av tappevatn.

Val av varmekjelde for ei varmepumpe må vurderast i kvart enkelt tilfelle for å kunne utnytte dei resursane som er tilgjengelig optimalt. Det er viktig å velje varmekjelde med jamn og høgast mulig temperatur gjennom fyringssesongen. Fleire ulike varmekjelder er aktuelle for bruk med eit vassbåre system. Ei bergvarmepumpe hentar varme frå grunnfjellet via ein kollektorslange som er senka ned borehol. Eit borehol er normalt frå 50 til 200 meter djupt avhengig av energibehov. Ei sjøvassvarmepumpe hentar varme frå sjøvatn. Fordelen med dette er at ein har tilgang på vatn med +4°C gjennom heile vinteren. Luft-til-vatn

varmepumpe hentar varme frå utelufta. Fordelen med denne er at ein slepp dyre borhol eller sjøsystem. Ulempa er at utetemperaturen er lav når ein treng varmen mest, og effektiviteten vert derfor dårlegare.

Ein kan også bruke luft til luft varmepumpe som tilleggsvarme for romoppvarming. Dette er ei løysing som er enkel å montere i tillegg til at den er billigare enn andre typar varmepumper. Ei vifte bles luft forbi varmevekslaren i innedelen av varmepumpa og sender den varme lufta ut i rommet. På grunn av vifta vil ei slik løysing kunne skape litt støy inne, men moderne varmepumper er ganske støysvake. Dette eignar seg best om ein har ei forholdsvis opa planløysing i huset for at varmen skal fordele seg best mogleg.

2.6.3 Pellets

Pellets er komprimert biobrensel. Pellets vert produsert ved at treflis vert kokt under trykk og pressa saman utan bruk av bindemiddel. Biobrensel som er brukt til å produsere pellets kjem i hovudsak frå biprodukt frå skog og trevareindustrien. Pellets har ein energitetthet som er tre gonger høgare enn vanlig ved, og pga dei små dimensjonane og jamne storleiken på pelletsen kan den erstatte vanlig fyringsolje. 1 kg pellets inneheld energimengd på 4,8 kWh, og ved brenning vil den gi ei rein flamme med lave verdiar av sot og partiklar. Den høver også for automatisering av fyringsprosessen. Pellets er ei fornybar energikjelde og er CO₂ nøytral ved forbrenning.

Pelletsovn

Ein pelletsovn eller kamin ser ut som ein vanlig ovn, men det er nokre forskjellar. Dei fleste ovnane er automatstyrte og trenger derfor tilgang på strøm. Pelletsovnen har ei svært god forbrenning og har ein verknadsgrad opp mot 95 prosent på nokre av modellane. Ved å bruke ein pelletsovn kan delar av varmen bli brukt til direkte rom-oppvarming, mens resten av varmen kan brukast til å varme opp vatn.

Pellets kan også brukast i pelletskjeler til å forsyne huset med tappevatn og varmtvatn til radiator/golvvarme. Ein slik kjel har ingen problem med å varme opp vatnet til høg nok temperatur med ein verknadsgrad på opp mot 97 %. Pelletskjelen kan fungere som eit automatisk forbrenningsanlegg, der pellets blir mata inn i brenseltanken gjennom ein sugesonde. Eit slikt system har automatisk

fjerning av aske og reinsing av røyr i kjelen slik at verknadsgraden heile tida er på topp.

2.6.4 Fjernvarme

Særleg i store byar, men også fleire andre stadar, er det bygd fjernvarmenett. Vatn vert varma opp i eit fjernvarmeanlegg og distribuert over store områder gjennom isolerte røyr. Energien kjem ofte frå avfallsforbrenning og spillvarme, men også varmpumper, bioenergi og gass vert brukt. Det er oftast større bygg som vert kopla på eit slikt system, men også privatbustadar langs nettet kan nytte seg av det.

2.6.5 Nærvarme

Ein variant av fjernvarmesystemet vert kalla nærvarme. Då er det ei mindre gruppe med hus, til dømes eit byggefelt, som har ein felles varmesentral. Eit slikt anlegg kan til dømes bruke solfangarar kombinert med varmpumpe pluss ei tilleggsvarmekjelde for dei aller kaldaste periodane. Ein får dermed fordelene av større, effektive anlegg samtidig som ein reduserer investeringskostnaden pr bustad.

2.6.6 Naturgass

Naturgass består av rundt 95 % metan, og kan brukast til oppvarming i hele huset, matlaging, varmtvatn, peis, grill, tørketrommel m.m. I forhold til tradisjonell fyring med olje, parafin, så er naturgass meir miljøvennleg og mindre vedlikehaldskrevjande. Når det gjeld installasjon av naturgass i huset, vert det utgifter ved tilknytning til gassnettet, installasjon av utstyr og eit eingangsbeløp ved oppstart av gassleveranse.

3 Forhold til forskrifter og regelverk

I forskrift om krav til byggverk og produkt til byggverk (TEK) § 8-2. Energikrav [11] står følgjande:

”Byggverk skal utføres slik at det fremmer lavt energibehov. Byggverk skal lokaliseres, plasseres og/eller utformes med hensyn til energieffektivitet, avhengig av lokale forhold.”

Det er to metodar som vert brukt for å dokumentere at krava er tilfredsstilte. Energiltaksmetoden er ei sjekkliste ein fylgjer for å få eit energieffektivt bygg. Denne metoden krev ikkje energiberekning, og ein får dermed heller ikkje fram grad av energieffektivitet i [kWh/m² år]. Det er mulig å avvike frå sjekklista dersom ein kan dokumentere at varmebehovet ikkje aukar. Sidan metoden tar utgangspunkt i varmebehovet til bygget, vil ikkje energikjelda spele noko rolle. Denne metoden stimulerer derfor ikkje til bruk av solfangarar.

Energirammemetoden tar utgangspunkt i energirammer som gir maksimalt tillete energibehov [kWh/m² år] for ulike typar bygg. Med denne metoden skal ein rekne netto energibehov etter NS 3031. Denne metoden brukar normert klima (Oslo-klima) og normerte driftsføresetnadar. Ein får heller ikkje her noko frådrag for varme tilført frå til dømes varmepumpe eller solfangaranlegg. Energirammemetoden er derfor ikkje representativ for bygningen sitt faktiske behov for levert energi, men berre ein kontroll opp mot rammekrav.

Vegleiiing til TEK seier at fordi bygningsmassen står for store delar av den samla energibruken i landet, bør lavt energibehov prioriterast når bygg skal prosjekterast og oppførast.[12] Energibehov til romoppvarming og tappevatn bør i størst mulig grad dekkast av anna energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossilt brensel. Minimum 40 prosent av netto energibehov til romoppvarming og varmtvatn rekna etter NS 3031 skal vere dekkast av anna energiforsyning. For å oppnå dette kravet vil det vere aktuelt å bruke ein solfangar, gjerne kombinert med meir tradisjonelle løysingar som varmepumpe, fjernvarme, vedovn, biokjel,

pelletskamin eller biogass. Kravet er at løysingane skal kunne brukast gjennom heile bygget si levetid. Dersom eit av følgjande punkt er oppfylt, fell kravet om alternativ energiforsyning bort:

- Bygningen sitt netto varmebehov er mindre enn 17.000 kWh/år
- Tiltakshavar kan dokumentere at varmeløysinga medfører meirkostnader over livsløpet til bygningen samanlikna med bruk av elektrisitet og/eller fossile brensel.

Bustadar med bruksareal over 50m² skal likevel ha skorstein og lukka eldstad for bruk av biobrensel. Lågenergibustadar vil som oftast ha eit varmebehov som er mindre enn 17.000 kWh/år og vert dermed fritakne frå kravet om alternativ energiforsyning. Bruken av solfangar kjem dermed ikkje som følgje av forskriftskrav, men vil heller vere avhengig av eigar eller byggherre sine ynskjer og prioriteringar.

For å kontrollere om varmeløysinga medfører meirkostnadar samanlikna med elektrisitet eller fossile brensel, kan ein gjere ei noverdiberekning. Dette vert vist under økonomivurderingane i kapittel 1.

Ein ny standard, prNS-3700, som tar for seg kriterie for lågenergi- og passivhus er under utarbeiding. I denne er det foreslått krav til at ein minimumsdel av levert energi skal vere fornybar energi. Ein kan velje mellom to metodar for å tilfredsstille dette kravet. Tabell 3-1 viser grensene for dei to metodane.

Tabell 3-1 Forslag til krav til maksimalt samla CO₂-utslepp eller krav til minimumsandel fornybar energi for å dekke varmebehovet i bygget [13]

| | Alternativ 1: Maksimalt samla CO ₂ -utslepp per år [kg/m ² år] | Alternativ 2: Minimumsandel fornybar energi av varmebehovet |
|--------------|--|---|
| Lågenergihus | 35 | 15 % |
| Passivhus | 25 | 30 % |

Ved bruk av den første metoden skal ein halde dei maksimale samla CO₂-utsleppa under 35 kg/m²år for lågenergihus og 25 kg/m²år for passivhus. Alternativet er at minimum 15% av varmebehovet i lågenergihus og 30% i

passivhus vert dekkja av fornybar energi. Dette fører til at bruk av solvarme vert endå meir aktuelt å bruke. Standarden er framleis under utarbeiding, og ting kan forandrast i den, men forhåpentlegvis vert denne delen av den vedtatt. Om ein vert pålagt å fylgje desse krava kan ein ikkje lenger bygge lågenergibustadar som baserer seg 100% på elektrisitet.

4 Aktuelle produkt

Marknaden for solenergi er vesentleg større i Sentral-Europa enn i Noreg. Særleg i Tyskland er det mange store produsentar av solfangarar. Norsk klima stiller gjerne andre krav til solvarmesystem enn lenger sør i Europa. Det er derfor utvikla produkt som er tilpassa den norske marknaden. Norsk Solfangerproduksjon, Solarnor og Aventa er tre norske firma som utviklar solfangarar.

4.1 Norskutvikla solfangarar

Norsk Solfangerproduksjon produserer plane solfangarar kalla ASV Solar. Dei har utvikla ein enkel konstruksjon i aluminium, tre og polykarbonat. Solfangaren er utvikla for å kunne byggast på staden. Fleire modular kan setjast saman og dekkast med ei stor dobbel plastplate. Solfangarmodulane er tilpassa for å erstatte anna taktekking. Systemet er laga for å vere sjølvdrenerande og har automatikk som sikrar mot frost om vinteren og koking om sommaren. Det er også mulig å bruke solfangaren i trykksette system.

Solarnor sin solfangar består av to doble plater i høgtemperaturbestandig plast, montert i ei ramme av aluminium. Den ytre dekkplata er laga av polykarbonat, og er bearbeida slik at den er stabil under påverking av ultrafiolett stråling. Absorbatoren er ei plate i materialet Noryl med eit dobbelt sett av kanalar som det sirkulerer vatn i.

Aventa har utvikla ein plan solfangar i polymer-materiale. Absorbatoren er produsert i materialet PPS (polyphenylensulfid) og den transparante dekkplata er produsert i polykarbonat. Både absorbator og dekkplate er produsert i ekstrudert materiale for å få ned produksjonskostnaden. Solfangaren skal tåle alle aktuelle drifts- og stagnasjonstemperaturar. Solfangaren vert levert som komplette modular tilpassa for bygningsintegrasjon.

4.2 Utanlandske solfangarar

Det er mange produsentar og leverandørar i utlandet. Forskjellane på same typen produkt frå forskjellige produsentar er ikkje så stor. Her er det derfor presentert ein produsent for kvar aktuelle solfangartype.

Schüco er ein tysk produsent av plane solfangarar. Solfangaren har høg verknadsgrad, lang levetid og er enkel å montere. Den har eit platesystem som vert montert under solfangaren for å sikre eit tett tak. Schüco leverer også lagertankar i ulike storleikar alt etter behov. Lagertankane har integrert pumpe og styringssystem.

Apricus er eit australsk-kinesisk firma som produserer vakuummøyrsoolfangarar med heat-pipe teknologi. Desse solfangarane har høgare verknadsgrad enn plane solfangarar, men er også ein del dyrare. Vakuummøyrsoolfangarar kan levere høgare temperatur enn plane solfangarar. Dei fungerer også ved minusgrader på utelufta og eignar seg derfor godt i norsk klima.

Schott er eit tysk firma som produserer vakuummøyrsoolfangarar med direktegjennomstrøyming. Varmemediet strøymer gjennom absorbatoren inne i vakuummøyrret. På undersida av glasrøyrret ligg det ein reflektor som konsentrerer solstrålinga mot absorbatoren. På grunn av gjennomstrøyminga i vakuummøyrret må systemet tømast for væske dersom ein har behov for å byte ut eit vakuummøyr. Fordelen er som andre vakuummøyr at det har lite varmetap og kan levere varme også ved minusgrader ute.

Rheinzink er eit tysk firma som produserer tak og fasadekledning av titansink. Dei har utvikla ein versjon av desse platene som har integrerte røyr varmemediat kan strøyme gjennom. Platene har ikkje noko dekklag av glas, og har derfor større varmetap og lågare verknadsgrad enn andre solfangarar. Fordelen er at dette systemet kan gi store solfangarareal i høve til pris.

5 Norske lågenergihus med solfangar

5.1 NorONE

NorONE er Noregs første passivhus som er bygd etter krav og spesifikasjonar til det tyske Passivhaus-Institut i Darmstadt. Huset vart bygd i 2007 av Harald Ringstad, og vart innflytta seint på hausten same året. Huset er prosjektert i samarbeid med Husbanken og Sintef.

Energikonseptet til NorONE tar utgangspunkt i tanken om at dei som treng og vil bruke energi, bør produsere den sjølv. Ved å produsere energien sjølv reduserer ein tap ved transport, ein er mindre sårbar for prisvariasjonar og andre problem som kan oppstå på nettet. Ein må då sjølvsagt forutsette at eige system har stor stabilitet.

I utgangspunktet var energikonseptet planlagt som følgjande:[14]

Tabell 5-1 Energikonseptet til NorONE

| Energibruk varmtvatn: | | |
|----------------------------------|--------|--------|
| Oppvarmingsbehov | 7.500 | kWh/år |
| Tappevatn | 6.000 | kWh/år |
| Sum av energibehov til varmtvatn | 11.500 | kWh/år |

| Energiproduksjon varmtvatn: | | |
|--------------------------------|--------|--------|
| Gråvannsvarmegjenvinning | 2.500 | kWh/år |
| Vakuumsolfangar | 3.400 | kWh/år |
| Varmepumpe | 5.600 | kWh/år |
| Straum til varmpumpe | 1.900 | kWh/år |
| El. kolbe | 0 | kWh/år |
| Sum energiproduksjon varmtvatn | 11.500 | kWh/år |

Det er montert ein vakuumrøyrsoolfangar på taket. Det vert brukt 30 røyr som gir eit areal på ca 6 m² (1,8m*3,28m). Solfangaren skal levere varmt vatn (>70°C)

til tappevatn og romoppvarming. Energiproduksjon frå denne er forventa å ligge mellom 2600 og 3400 kWh/år. Variasjonen i forventa energiproduksjon kjem som følge av usikkerhet rundt solforhold og andre vêrtilhøve. Det er derfor kanskje litt optimistisk å bruke den største forventa verdien i energibudsjettet.

I kombinasjon med solfangarsystemet er det installert ein gråvassgjenvinnar. Gråvatn frå heile huset, bortsett frå WC, går gjennom denne. Kaldt vatn vert her forvarma og lagra på ein anna tank for å bli brukt ved behov. Ein kan på denne måten gjenvinne 2-3000 kWh i året.

Som tilleggsvarme vert det brukt ei luft-til-vatn varmpumpe på 5kW. På grunn av høg investeringskostnad og lavt energibehov, er denne lønnsam berre på grunn av tilskot som prosjektet mottar.

Akkumulatortanken er utstyrt med ei el-kolbe. Denne vert brukt dersom solfangar, gråvassgjenvinnar og varmpumpe ikkje klarer å levere nok varmtvatn på kalde vinterdagar. Varmesystemet vert styrt av ventilar og pumper som reagerer på forhandsinnstilte temperaturverdiar. Det vert altså ikkje brukt eit sentralt styringssystem.

5.1.1 Erfaring

Huset er no blitt brukt i over eit år, og det har i løpet av denne tida dukka opp ein del problem. Ei rekke tekniske installasjonar har fungert langt dårlegare enn forventa. Varmepumpa klarer ikkje å gi ein betre effektfaktor enn 1,6. Normalt burde ein kunne forvente ein effektfaktor mellom 3 og 4. Gråvassgjenvinnaren var utsett for avleiring frå matrestar og liknande. I tillegg var temperaturen ideell for vekst av legionella, så etter ei kort stund vart denne sett ut av drift. Ein varmevekslar i systemet var underdimensjonert i tillegg til at den var feilmontert. Det førte til at det i fleire månadar vart produsert meir varmtvatn enn nødvendig. Problema førte til at heile varmtvasssystemet i teknisk rom vart bytta ut etter eit år.

Solfangaren er montert sørvendt på taket. På grunn av skugge frå trær fungerer ikkje denne optimalt. Huseigar hevdar at den kan levere 14 kWh/døgn på ein god sommardag, men at den burde kunne levere litt over 20 kWh under optimale forhold. Det er dessverre ikkje noko tal for kor mykje solfangaren har levert i løpet av året. Sidan dette huset er eit passivhus med ekstremt lavt

oppvarmingsbehov, så har det ikkje vore problem med å halde det varmt gjennom vinteren.

Erfaringane frå dette prosjektet viser at det kan vere vanskelig å få systemet til å fungere som tiltenkt. Det er brukt mange ulike tekniske system som skal fungere saman. Om ein komponent vert feildimensjonert, vil dette kunne skape problem for heile anlegget. Det er vanskelig å seie noko om effektiviteten til solfangarsystemet, men i følgje huseigar har dette fungert tilfredstillande om ein ser vekk frå den litt ugunstige plasseringa.

5.2 Løvåshagen

Løvåshagen i Bergen er Noregs første fleirbolighus med passivhusstandard. Dei første bebuarane flytta inn hausten 2008, og våren 2009 er dei siste leilighetene klar for innflytting. 52 av leilighetene har lågenergistandard, og 28 har passivhusstandard. Leilighetene med lavenergistandard brukar berre elektrisitet til oppvarming medan kvart av passivhusa har to solfangarar på taket som gir varme til tappevatn, golvvarme på badet og ein radiator. På dagar ein ikkje får nok varme frå sola vert det brukt elektrisitet som tilleggsvarme. For å halde elektrisitetsforbruket på eit minimum har leilighetene balansert ventilasjon med varmegjenvinning og energieffektive vifter. Det er også montert eit system som kan setje elektrisk utstyr i energisparande kvilemodus når det ikkje er folk tilstades.



Figur 5-1 Snitt av passivhus med solfangar i Løvåshagen. [15]

5.2.1 Erfaring

Varmeløysinga i Løvåshagen har stort sett fungert bra. På grunn av lavt varmebehov er det enkelt å halde ein komfortabel innetemperatur. Solfangarane har levert nok varme i periodane med sol. Det har likevel vore eit problem knytta til solvarmeanlegget. I romoppvarmingskretsen er det brukt ei løysing med ope ekspansjonskar. Dette har ført til at væska i systemet tørkar ut, og badegolv og radiator ikkje vert varma opp sjølv om varmtvasstanken er full av varmt vatn. Dette vert no retta opp i, og er ei nødvendig erfaring for tilsvarande anlegg.

Det er dessverre vanskelig å få tak i gode måledata for bruk av solfangarar i lågenergi- og passivhus. Slik er det også for Løvåshagen. Sjølv om mange bygg har hatt god oppfølging frå aktørar som Sintef, Enova og Husbanken under prosjekterings og byggefasen, så tar ofte samarbeidet slutt når bustadane er innflytta. Då vert det opp til huseigaren om det skal gjerast målingar og om desse vert loggførte. I Løvåshagen ynskjer Enova å følgje med på energiforbruket, og er interessert i å starte eit måleprosjekt. Prosjekt der ein måler kor mykje energi som vert brukt i denne typen bustadar og kor mykje solfangaren faktisk klarer å levere vil vere viktig for framtidige byggeprosjekt.

6 Vurdering av nytteverdi

6.1 Aktuelle bruksområde og system

Dei mest aktuelle bruksområda for eit solvarmeanlegg vil vere oppvarming av tappevatn, golvvarme og varming av ventilasjonsluft. Sidan forbruket av tappevatn er tilnærma konstant gjennom året, vil det vere mest fornuftig å prioritere solvarmeanlegget til dette formålet. Dette er også den vanlegaste bruken av solfangarar i Noreg. Dette er eit system som vil vere forholdsvis ukomplisert å installere også i eksisterande bygg, spesielt viss eksisterande varmtvasstank likevel må bytast ut.

Fyringssesongen til lågenergihus er berre 4-5 månadar og for passivhus er den endå kortare. Dette fører til at varmebehovet er avgrensa til dei aller mørkaste månadane av året. Ein vil ha ei viss innstråling også desse månadane, men ein vil trenge stort solfangarareal for å kunne utnytte solvarmen til romoppvarming i tillegg til oppvarming av tappevatn.

Det er også mulig å bruke solvarme til å varme ventilasjonslufta. Særleg i litt større ventilasjonsanlegg er det vanleg å bruke eit væskebasert varmebatteri. Dette kan enkelt koplast til solvarmeanlegget.

For å utnytte overskotet av solvarme om sommaren enda betre, kan ein tenkje seg ei løysing der vaskemaskin og oppvaskmaskin brukar varmt vatn frå solfangaren. Årleg energiforbruk til vaskemaskin og oppvaskmaskin vil vere om lag 1000 kWh for ein normal familie. Det bør vere mulig å dekke omlag halvparten av dette med solvarme.

6.2 Modell for utrekning av varmebehov og energitilskot frå solfangar.

For å gjere ei vurdering av nytteverdien av solfangarar i lågenergihus er det i denne oppgåva laga ein modell som reknar ut energiutbytte frå sola for fire leilegheiter med ulike varmebehov. Modellen tar utgangspunkt i solstrålingsdata for Oslo henta frå Byggforsk. Solstrålingsdata er gitt for hellingsvinkel 30° og 90°, sørvendt. Modellen er tilrettelagt for å kunne rekne med begge vinklane. I oppgåva er det brukt data utrekna ved 30° sidan denne vinkelen er nærmast ein normal takvinkel, og at det er vanleg å plassere solfangaren på taket. Grunnlaget for oppvarmingsbehov er henta frå Sintef-rapporten ”Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus”. [2]

Tabell 6-1 Modell for utrekning av potensielt energitilskot og energiutbytte frå sola

| | |
|---------------------------|-------------------|
| BRA | 100m ² |
| Årleg behov tappevatn: | 4000kWh |
| Månadleg behov tappevatn: | 333kWh |
| Verknadsgrad solfangar | 0,70 |
| Areal solfangar | 8,0m ² |
| Hellingsvinkel: | 30 |

| | Månadsverdiar (kWh/mnd) | | | | | | |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| | Behov til | | Energitilskot solfangar | Nyttbart til | | SUM Nyttbart | SUM Overskot |
| | Tappevatn | Oppvarming | | Tappevatn | Oppvarming | | |
| Januar | 333 | 620 | 112 | 112 | 0 | 112 | 0 |
| Februar | 333 | 410 | 263 | 263 | 0 | 263 | 0 |
| Mars | 333 | 190 | 566 | 333 | 190 | 523 | 42 |
| April | 333 | 30 | 739 | 333 | 30 | 363 | 376 |
| Mai | 333 | 0 | 986 | 333 | 0 | 333 | 652 |
| Juni | 333 | 0 | 952 | 333 | 0 | 333 | 619 |
| Juli | 333 | 0 | 924 | 333 | 0 | 333 | 591 |
| August | 333 | 0 | 851 | 333 | 0 | 333 | 518 |
| September | 333 | 0 | 560 | 333 | 0 | 333 | 227 |
| Oktober | 333 | 100 | 308 | 308 | 0 | 308 | 0 |
| November | 333 | 350 | 101 | 101 | 0 | 101 | 0 |
| Desember | 333 | 600 | 73 | 73 | 0 | 73 | 0 |
| SUM: | 4000 | 2300 | 6434 | 3190 | 220 | 3410 | 3024 |

| | |
|----------------------------|----------------|
| SUM nyttbar energi: | 3410kWh |
| Dekningsgrad: | |
| Tappevatn: | 79,8% |
| Romoppvarming: | 9,6% |
| Kombinasjon | 62,1% |

Modellane reknar på to typar hus med to alternative løysingar. Eksempel 1 og 2 er ei leilegheit på 100 m². Eksempel 1 nyttar varme frå solfangaren både til tappevatn og romoppvarming. Ein treng då eit varmelager på ca 1000 liter og ein solfangar på 20 m². I eksempel 2 vert solfangaren berre brukt til å varme tappevatn. Ein treng dermed ein enklare varmtvasstank på ca 300 liter og eit solfangarareal på 8 m². Eksempel 3 og 4 er eit større hus på 250 m². Sidan huset er større, trengst det eit varmelager på ca 2000 liter for å nytte solfangaren til både tappevatn og romvarme. Solfangaren i eksempel 3 er på 25 m². I eksempel 4 er det rekna med ein varmtvasstank på 300 liter og ein solfangar på 10 m².

Tabell 6-2 Oversikt over eksempla brukt i oppgåva

| | Eksempel 1 | Eksempel 2 | Eksempel 3 | Eksempel 4 |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Oppvarma areal | 100 | 100 | 250 | 250 |
| Areal solfangar | 20 | 8 | 25 | 10 |
| Systemtype | Kombi | Tappevatn | Kombi | Tappevatn |
| Varmelager | 1000 liter | 300 liter | 2000 liter | 300 liter |

6.3 Økonomi

Eit solfangaranlegg har stor investeringskostnad, men når anlegget først er komme i drift, er kostnadane minimale. I praksis betyr dette at ein gjennom investeringa betalar for framtidig energi. Energiprisen er derfor avhengig av investeringskostnad, vedlikehaldskostnadar og levetid på anlegget. Lønnsemda er også avhengig av prisen på alternative energikjelder. Noreg har stor kraftproduksjon, men potensialet for å bygge ut vasskraft er minimal, så alle nye bygg må ein rekne med vert forsynt med importert elektrisitet frå Europa. Dette vil mest truleg føre til at kraftprisane i Noreg kjem til å auke framover. Kor mykje og kor raskt dette skjer, er det vanskelig å seie noko om. Om det kan vere vanskelig å forsvare solfangar privatøkonomisk i dag, så vil auka kraftprisar føre til at det lønner seg på sikt. Enkelte områder i Tyskland, der kraftprisane lenge har vore høge, vert det no påbod om å installere solvarmeanlegg på alle nybygg.

Sjølv om sola leverer energien gratis, er den ikkje alltid tilgjengelig når ein treng den. Større solfangarareal vil gi meir varme, men kostnaden vil ikkje nødvendigvis stå i samsvar med gevinsten. Om vinteren er det uansett lite sol, og større solfangarareal vil berre gi minimalt med ekstra varme. Om sommaren kan

ein derimot få mykje meir varme frå eit større areal, men då er behovet vesentlig mindre, og ein får ikkje nytta seg av potensialet. Det er altså viktig å tilpasse det nødvendige solfangararealet i kvart enkelt tilfelle.

Regjeringa oppretta i august 2008 ei støtteordning for solvarmesystem. Ein kan få dekkja 20% av kostnadane, og maksimalt 10.000 kroner. For å få denne støtta kan ein søke Enova. Enkelte kommunar har også valt å satse på alternativ energi og energieffektiviseringstiltak, og ein kan søke om støtte frå desse. Dette vil vere viktige element i ei kostnadsberekning.

For å vurdere om det løner seg å investere i eit solvarmeanlegg, kan ein rekne ut noverdien av investeringa. Dersom noverdien er negativ, kan ikkje investeringa forsvarast økonomisk. I vegleiing til TEK [12] er følgjande metode for utrekning av noverdi anbefalt:

Noverdi = privatøkonomisk sparing – meirkostnad investering

Noverdi

$$= B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

- Levetid (n) for ein bygning skal setjast til 50 år
- I_0 er investeringskostnad for varmesystem basert på anna energiforsyning enn elektrisitet og /eller fossile brensel.
- $I_{el/fos-0}$ er investeringskostnad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensel.
- I_1, I_2 osv og $I_{el/fos-1}, I_{el/fos-2}$ osv er noverdien av framtidige investeringskostnader, for å oppretthalde dei ulike varmesystema sine funksjonar gjennom levetida til bygningen.
 - $I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m1}}, I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m2}}, \text{ osv.}$
 - $I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m1}}, I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m2}}, \text{ osv.}$
- Levetid (m) for ein teknisk installasjon skal setjast til 20 år. Anna levetid for installasjonar kan nyttast der dette kan dokumenterast.
- Kalkulasjonsrente (r) skal setjast til 4 %
- B er årleg privatøkonomisk sparing

$$B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right)$$

der

- Q er varmebehov i kWh/år som vil kunne dekkast av valt energiløysing
- $P_{el/fos}$ er aktuell årsgjennomsnittleg kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på elektrisitet og/eller fossile brensel.
- P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittleg kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, ved anna energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensel.
- $\eta_{el/fos}$ er verknadsgrad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensel.
- η_{alt} er verknadsgrad for varmesystem basert på anna energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensel.

Tabell 6-3 Noverdiberekning for eksempel 1

| | | |
|----------------------------|------------------|--|
| Levetid (n) | 50 år | (Levetid for bygningen) |
| Kvadratmeterpris solfangar | 1500 kr | (Investeringskostnader basert på prisar frå Solarnor AS) |
| Solfangar | 30000 kr | |
| Pumper og utstyr | 8000 kr | |
| Varmelager | 30000 kr | |
| Installasjon | 10000 kr | |
| Investeringskostnad | <u>78000 kr</u> | |
| Støtte gjennom Enova | 10000 kr | (20% av investeringskostnad, maksimum 10000kr) |
| I_0 | <u>68000 kr</u> | (Investeringskostnad brukt i berekning) |
| I_el/fos_0 | 10000 kr | (Investeringskostnad alternativt varmesystem) |
| I_1 | 31034 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_2 | 14164 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_el/fos1 | 4564 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| I_el/fos2 | 2083 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| Levetid(m) | 20 år | (Levetid for teknisk installasjon) |
| Kalkulasjonsrente (r) | 4,0 % | |
| Q | 4359 kWh/år | (Varmebehov som er dekkast av solfangar) |
| P_el/fos | 0,9 kr/kWh | (Antatt årsgjennomsnittleg kWh-pris) |
| n_el/fos | 1 | (Verknadsgrad elektrisk oppvarming) |
| B | 3923 kr | (Årleg privatøkonomisk sparing) |
| Noverdi= | -12281 kr | (Negativ noverdi => ikkje lønnsomt) |

Ei noverdi-berekning for eksempel 1 er vist i Tabell 6-3. På grunn av at levetida for tekniske installasjonar er sett til 20 år medan levetida til bygget er sett til 50 år, må ein rekne med å skifte ut dei tekniske installasjonane to gonger. Dette er teke med i I_1 , I_2 , $I_{el/fos-1}$ og $I_{el/fos-2}$.

Prisgrunnlaget for solvarmeanlegget er basert på anlegg frå Solarnor. Sidan det er interessant å finne meirkostnaden i forhold til eit anlegg basert på elektrisk oppvarming kan kostnaden til ein konvensjonell varmtvasstank trekkast frå investeringskostnaden. Dette er gjort ved utrekning av noverdi. Straumprisen er sett til 90 øre/kWh. Dette inkluderer også forbruksavhengig del av nettleiga. Det er vanskeleg å spå i framtidige kraftprisar, men ein årsgjennomsnittleg pris på 90 øre/kWh bør vere realistisk dei neste åra. Positiv noverdi betyr at investeringa er økonomisk lønnsam i forhold til alternativ investering under gitte føresetnader.

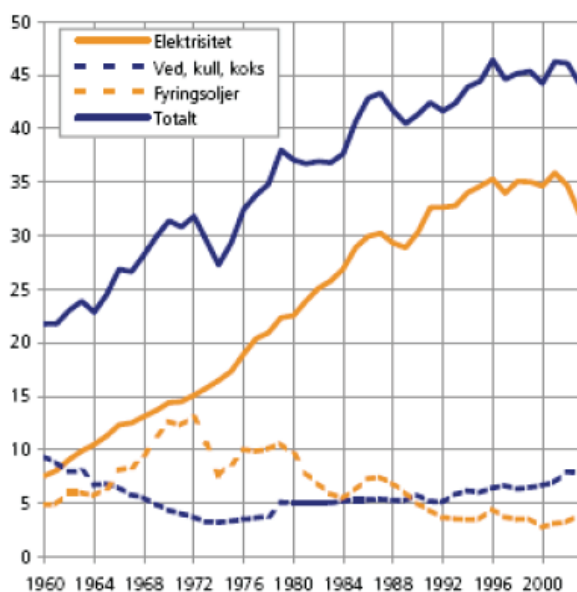
Tabell 6-4 Oversikt over investeringskostnad, energiutbytte og noverdi for fire eksempel

| Investering: | Eksempel 1 | Eksempel 2 | Eksempel 3 | Eksempel 4 |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Solfangar [kr] | 30000 | 12000 | 37500 | 15000 |
| Pumper og utstyr [kr] | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| Varmelager [kr] | 30000 | 10000 | 40000 | 10000 |
| Installasjon [kr] | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| Støtte frå Enova [kr] | -10000 | -8000 | -10000 | -8600 |
| SUM Investeringskostnad [kr] | 68000 | 32000 | 85500 | 34400 |
| Energiutbytte: [kWh] | 4359 | 3190 | 5848 | 3988 |
| Noverdi: [kr] | -12281 | 25055 | -12612 | 36479 |

Tabellen viser at det er lønnsamt å bruke solfangar til oppvarming av tappevatn, men at det er lite lønnsamt å kombinere dette med romoppvarming i tillegg. Dette er ein veldig grov kalkulasjon og gir berre ein generell indikasjon på lønnsmda for ulike systemtypar. Lågenergi- og passivhus har i utgangspunktet mindre energibehov til oppvarming enn vanlege hus. Dette gjer at fyringssesongen er kortare, og ein får dermed utnytta mindre av solstrålinga. Det er mange faktorar som må takast omsyn til i kvart enkelt tilfelle, og med andre verdiar på oppvarmingsbehov, investeringskostnader, renter, levetid og ikkje minst energiprisar, vil naturlegvis resultatet verte annleis.

6.4 Reduksjon av energibruken i landet

Noreg produserer i dag 121 TWh elektrisitet på eit år med normal nedbør, og av dette utgjer vasskraft 99 % av produksjonen. I eit spesielt nedbørsrikt år kan produksjonen komme opp mot 145 TWh, medan det i et år med lite nedbør kan komme ned i 90 TWh. Det er derfor veldig varierende frå år til år kor mykje av krafta som vert importert/eksportert. Dersom ein ser på forbruket i bustader, bruker vi ca 32 TWh på elektrisitet, medan det totale energiforbruket i bustader ligg på rundt 45 TWh.



Figur 6-1 Energiforbruk frå 60-talet og fram til i dag [16]

Det er få muligheter for å bygge ut nye vasskraftverk, og om forbruket held fram med å auke vil vi kunne få eit problem. Eksempelvis vil eit nedbørsfattig år etterfylgt av ein kald vinter føre til lite produksjon av elkraft, samtidig som vi vil få eit høgt forbruk av straum, som igjen vil føre til at vi må importere straum frå kontinentet. Tilgangen på eigenprodusert elektrisk energi vil altså vere veldig avhengig av klimaet dei neste åra. Regjeringa har som mål å få 30 TWh ny energi i form av ny fornybar energi og effektivisering innan 2016. Dette utgjer for det meste ny vindkraft og varmekraft. Regjeringa har som mål å redusere energiforbruket i norske bustader og legge til rette for bruk av fornybare energiformer til oppvarmingsformål.

Noreg kan importere ekstra straum i år der det er liten produksjon, men det kan fort bli dyrt å gjere seg avhengig av å importere straum til landet. I år med tørt klima vil det føre til ei stor utgift, som igjen vil slå ut som ein dyr kWh pris for forbrukarane. Straum som vert importert frå Europa kjem for det meste frå forureinande kolkraftverk som er veldig skadelege for miljøet. Dette bør i alle fall berre vere ei kortvarig løysing på elektrisitetsmangel.

Staten har planar om å bygge ut 1,3 TWh ny vasskraft. Dette er opp mot potensialet av Noregs ubrukte ressursar. Det vert i dag bygt ut 0,3 TWh ny vindkraft og 5 TWh gasskraft i Noreg, medan vi i tida framover ønskjer å bygge endå meir.

Norske bustader har eit høgt elektrisitetsforbruk samanlikna med andre land og vi bruker spesielt mykje elektrisitet til oppvarming av bustader og tappevatn. Potensialet for reduksjon av energibruken i landet, er derfor stor. Ut frå dette er det interessant å finne ut kor stor innverknad bruk av solfangarar kan ha på elektrisitetsforbruket vårt.

Det er mange ulike utfordringar for å få til større utbygging av solvarmeanlegg. Ein del av desse utfordringane har opphav i mangelfull kunnskap om bruk av solenergi i Noreg. Folk flest er godt kjende med solcelleteknologien som i fleire tiår har vore vanleg å bruke på hytter og fritidsbustadar rundt om kring. Dette gjer kanskje at mange tenker på solceller når dei høyrer snakk om solenergi, og dermed forkastar dette som dyrt og lite effektivt til bruk i bustadhus. Det er altså nødvendig med meir informasjon rundt denne teknologien.

I byggebransjen er gjerne kvadratmeterpris og lokalitet viktigare enn energibruk. Særlig gjeld dette når byggherre og brukar ikkje er den same. Byggherren er interessert i å selje bygget med best mulig fortjeneste. Sidan elektrisk oppvarming uansett vil vere billegare å installere enn alternative energikjelder som solfangar, vert dette ofte brukt. I Noreg har vi lenge hatt tradisjon for å bruke direkte elektrisk oppvarming. Rikeleg tilgang på relativt billeg vasskraft har gjort at vi ligg langt etter Europa på dette området. Energiselskapa reklamerer med rein og miljøvennleg vasskraft. Enkelte energiselskap garanterer at elektrisiteten ein kjøper frå dei kjem frå vasskraft. Folk får dermed ei kjensle av at det er greitt å bruke elektrisitet til oppvarming sidan den jo kjem frå reint vatn. Mange er ikkje klar over at potensialet for å auke vasskraftproduksjonen er minimal, og at ein i

alle nye bygg må rekne med at elektrisiteten kjem frå svært forureinande kraftverk i Europa.

I Noreg er det ca 1,7 millionar bustadar av typen einebustad, tomannsbustad, rekkehus, kjedehus og andre småhus.[17] Dersom alle desse installerer solvarmeanlegg for å varme tappevatn, og anlegga i snitt leverer 2000 kWh, vil ein spare omlag 3,4 TWh pr. år.

6.5 Reduksjon av CO₂-utslepp

Det er ikkje berre energisparing ein må ta omsyn til når ein skal vurdere nytteverdien til solfangarar. Eit anna viktig moment er reduksjon i CO₂-utslepp. Store delar av den importerte krafta er produsert i forureinande kolkraftverk i Danmark. Standarden NS-EN 15603:2008 gjev verdier for utslepp av CO₂ på grunn av produksjon av kraft frå ulike energikjelder.

Tabell 6-5 Utslepp av CO₂ pr MWh produsert elektrisitet ved ulike aktuelle energikjelder. [18]

| Energikjelde | kg CO₂/MWh |
|---------------------|------------------------------|
| Vasskraft | 7 |
| Kjernekraft | 16 |
| Kol | 1340 |
| EU-mix | 617 |

Ut frå desse verdiane kan ein rekne ut kor mykje ein kan redusere CO₂ utslepp med som følgje av at delar av energibehovet vert dekkja av solvarmeanlegg. Tabell 6-6 syner reduksjonen eksempla som er brukt tidlegare vil gi.

Tabell 6-6 Reduksjon i CO₂-utslepp på grunn av bruk av solfangar, i høve til erstatta energikjelde

| Erstatta energikjelde | Eksempel 1 | Eksempel 2 | Eksempel 3 | Eksempel 4 |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Vasskraft [kg CO ₂] | 31 | 22 | 41 | 28 |
| Kjernekraft [kg CO ₂] | 70 | 51 | 94 | 64 |
| Kol [kg CO ₂] | 5841 | 4275 | 7837 | 5343 |
| EU-mix [kg CO ₂] | 2689 | 1968 | 3608 | 2460 |

På landsbasis vil ein reduksjon på 3,4 TWh tilsvare ein reduksjon av CO₂ utslepp på ca 4,5 millionar tonn dersom ein reknar med kol som energikjelde. Noregs totale utslepp til luft av klimagassar rekna om til CO₂-ekvivalentar var i 2008 på 53,8 millionar tonn.[17] Reduksjon i CO₂-utslepp på grunn av solfangarar er i dette tilfellet altså ca 8% av dei totale utsleppa.

Det er nok lite realistisk at så mange bustadar installerer solfangaranlegg. Likevel viser eksempelet at ei større satsing på bruk av solfangarar faktisk har ein positiv innverknad på miljøet. Om dette er den mest lønsame vegen å gå for å redusere CO₂-utslepp i Noreg, er eit anna spørsmål.

7 Konklusjon

Målet med denne oppgåva var å vurdere nytteverdien av solfangarar for romoppvarming og oppvarming av tappevatn i norske lågenergi- og passivhus.

Sidan lågenergihus er godt isolerte, og dermed har veldig lite varmetap, vert fyringssesongen redusert til fem månadar frå november til mars. På denne tida av året er solstrålinga lita i høve til oppvarmingsbehovet, og det er dermed lite effektivt å bruke solfangarar til romoppvarming. Forbruket av tappevatn er derimot tilnærma konstant gjennom heile året og ein kan derfor lettare utnytte solfangarar til dette formålet.

Investeringsanalysen for eksempla i denne oppgåva viser at det vil lønne seg å installere solfangaranlegg for varming av tappevatn. Ut frå privatøkonomiske synspunkt er det derimot vanskelig å forsvare ei større investering i solvarmeanlegg for romoppvarming. Denne investeringsanalysen er ein del forenkla og generalisert, så det kan vere andre tilfeller der det kan lønne seg med solvarme til romoppvarming.

Kyoto-avtalen seier at Noreg må redusere utsleppa av klimagassar til 1% over 1990 nivå. Auka bruk av solfangarar i Noreg vil kunne bidra positivt til reduksjon av klimagassar som følgje av redusert energibruk. Ein lågenergibustad med solvarmeanlegg kan lett redusere det årlege elektriske energiforbruket med 3-6000 kWh. Dette tilsvarer ein reduksjon av CO₂-utslepp i høve til elektrisitet produsert i kolkraftverk med 4-8 tonn årleg. Om ein er dristig og antar at så mykje som 1,7 millionar norske bustadar installerer solvarmeanlegg for oppvarming av tappevatn, og at kvar av desse leverer 2000 kWh varme, vil dette tilsvare ein reduksjon i elektrisk forbruk på heile 3,4 TWh per år. Dette kan redusere CO₂-utslepp med 4,5 millionar tonn, eller ca 8% av Noregs totale utslepp.

Sjølv om ei så stor utbygging av solvarmeanlegg er urealistisk, så viser det at nytteverdien av solfangarar er stor, ikkje berre i ein privatøkonomisk samanheng, men også i eit større samfunnsperspektiv.

8 Forslag til vidare arbeid

Det er i dag mangel på måledata og få dokumenterte erfaringar frå bruk av solfangarar i lågenergihus. Det kan derfor vere interessant å gjennomføre eit prosjekt som måler energibruk og utbytte frå solfangarar i eit konkret hus. Eit slikt prosjekt bør knytast opp mot vêrdata for den aktuelle perioden. På denne måten kan resultata samanliknast med eit normalår, og kanskje også vere overførbare til andre stadar i landet med liknande klima. Det kan også vere interessant å utføre forsøka med ulike typar solfangarar for å kunne samanlikne desse under så like forhold som mulig.

Erfaringa frå eksisterande bygg viser at det kan vere problem knytt til samspel mellom systemkomponentar. Det kan i den samanhengen vere aktuelt å sjå nærare på praktiske løysingar og samfunksjonar mellom komponentar i solvarmeanlegget og resten av varmesystemet.

Referansar

1. Rekstad, J., *Aventa Fokus nr.1*. 2008: www.avena.no.
2. Andresen, I., *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus: en introduksjon*. 2008, Oslo: SINTEF byggforsk. 42 s.
3. *Planning and installing solar thermal systems: a guide for installers, architects and engineers*. 2005, London: James & James. XI, 298 s.
4. Rekstad, J., *Aventa Fokus nr.3*. 2008: www.avena.no.
5. *Fornybar.no (Enova)*. [cited 2009; Available from: www.fornybar.no.
6. *Apricus*. [cited 2009; Available from: www.apricus.com.
7. *Der Solarserver*. [cited 2009; Available from: www.solarserver.de.
8. Rekstad, J., *Aventa Fokus nr.4*. 2008: www.avena.no.
9. *The German Solar Energy Society*. [cited 2009; Available from: www.dgs.de.
10. *Anders O. Grevstad AS*. [cited 2009; Available from: www.grevstad.no.
11. *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK)*. 2007.
12. *Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven*. 2007.
13. *prNS 3700:2009 - Kriterier for lavenergi- og passivhus - Boligbygninger*. 2009.
14. *NorONE*. [cited 2009; Available from: www.norone.info.
15. *Enova*. [cited 2009; Available from: www.enova.no.
16. *Statnett*. [cited 2009; Available from: www.statnett.no.
17. *Statistisk Sentralbyrå*. Available from: www.ssb.no.
18. *NS-EN 15603:2008 Bygningers energiytelse. Bestemmelse av total energibruk og energiytelse*. 2008.

Vedlegg

| | |
|--|----|
| Vedlegg A: Utrekning av energitilskot og energiutbytte frå sola..... | 46 |
| Tabell A.1 Eksempel 1: Solfangar til romoppvarming og tappevatn..... | 46 |
| Tabell A.2 Eksempel 2: Solfangar til varming av tappevatn..... | 47 |
| Tabell A.3 Eksempel 3: Solfangar til romoppvarming og tappevatn..... | 48 |
| Tabell A.4 Eksempel 4: Solfangar til varming av tappevatn..... | 49 |
| Vedlegg B: Investeringsanalyse for eksempla i vedlegg A..... | 50 |
| Tabell B.1 Noverdi for eksempel 1: | 50 |
| Tabell B.2 Noverdi for eksempel 2: | 51 |
| Tabell B.3 Noverdi for eksempel 3: | 52 |
| Tabell B.4 Noverdi for eksempel 4: | 53 |
| Vedlegg C: Strålingsfluks for Oslo | 54 |
| Vedlegg D: Utslepp til luft av klimagassar 1973-2008 | 55 |

Vedlegg A: Utrekning av energitilskot og energiutbytte frå sola

Tabell A.1 Eksempel 1: Solfangar til romoppvarming og tappevatn

| | |
|---------------------------|--------------------|
| BRA | 100m ² |
| Årleg behov tappevatn: | 4000kWh |
| Månadleg behov tappevatn: | 333kWh |
| Virkningsgrad solfangar | 0,70 |
| Areal solfangar | 20,0m ² |
| Hellingsvinkel: | 30 |

| | Månadsverdiar [kWh/mnd] | | | | | | |
|-------------|-------------------------|--------------|----------------------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| | Behov til | | Energitilskot solfangar | Nyttbart til | | SUM | |
| | Tappevatn | Oppvarming | | Tappevatn | Oppvarming | Nyttbart | Overskot |
| Januar | 333 | 280 | 620 | 280 | 0 | 280 | 0 |
| Februar | 333 | 658 | 410 | 333 | 325 | 658 | 0 |
| Mars | 333 | 1414 | 190 | 333 | 190 | 523 | 891 |
| April | 333 | 1848 | 30 | 333 | 30 | 363 | 1485 |
| Mai | 333 | 2464 | 0 | 333 | 0 | 333 | 2131 |
| Juni | 333 | 2380 | 0 | 333 | 0 | 333 | 2047 |
| Juli | 333 | 2310 | 0 | 333 | 0 | 333 | 1977 |
| August | 333 | 2128 | 0 | 333 | 0 | 333 | 1795 |
| September | 333 | 1400 | 0 | 333 | 0 | 333 | 1067 |
| Oktober | 333 | 770 | 100 | 333 | 100 | 433 | 337 |
| November | 333 | 252 | 350 | 252 | 0 | 252 | 0 |
| Desember | 333 | 182 | 600 | 182 | 0 | 182 | 0 |
| SUM: | 4000 | 16086 | 2300 | 3714 | 645 | 4359 | 11727 |

SUM nyttbar energi: 4359kWh

Dekningsgrad:

| | |
|-----------------------|--------------|
| Tappevatn: | 92,9% |
| Romoppvarming: | 28,0% |
| Kombinasjon | 72,5% |

Tabell A.2 Eksempel 2: Solfangar til varming av tappevatn

| | |
|---------------------------|-------------------|
| BRA | 100m ² |
| Årleg behov tappevatn: | 4000kWh |
| Månadleg behov tappevatn: | 333kWh |
| Virkningsgrad solfangar | 0,70 |
| Areal solfangar | 8,0m ² |
| Hellingsvinkel: | 30 |

| | Månadsverdiar [kWh/mnd] | | | | | | |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| | Behov til | | Energitilskot solfangar | Nyttbart til | | SUM | |
| | Tappevatn | Oppvarming | | Tappevatn | Oppvarming | Nyttbart | Overskot |
| Januar | 333 | 112 | 620 | 112 | 0 | 112 | 0 |
| Februar | 333 | 263 | 410 | 263 | 0 | 263 | 0 |
| Mars | 333 | 566 | 190 | 333 | 190 | 523 | 42 |
| April | 333 | 739 | 30 | 333 | 30 | 363 | 376 |
| Mai | 333 | 986 | 0 | 333 | 0 | 333 | 652 |
| Juni | 333 | 952 | 0 | 333 | 0 | 333 | 619 |
| Juli | 333 | 924 | 0 | 333 | 0 | 333 | 591 |
| August | 333 | 851 | 0 | 333 | 0 | 333 | 518 |
| September | 333 | 560 | 0 | 333 | 0 | 333 | 227 |
| Oktober | 333 | 308 | 100 | 308 | 0 | 308 | 0 |
| November | 333 | 101 | 350 | 101 | 0 | 101 | 0 |
| Desember | 333 | 73 | 600 | 73 | 0 | 73 | 0 |
| SUM: | 4000 | 6434 | 2300 | 3190 | 220 | 3410 | 3024 |

SUM nyttbar energi: 3410kWh

Dekningsgrad:

| | |
|----------------|-------|
| Tappevatn: | 79,8% |
| Romoppvarming: | 9,6% |
| Kombinasjon | 62,1% |

Tabell A.3 Eksempel 3: Solfangar til romoppvarming og tappevatn

| | |
|---------------------------|--------------------|
| BRA | 250m ² |
| Årleg behov tappevatn: | 5000kWh |
| Månadleg behov tappevatn: | 417kWh |
| Virkningsgrad solfangar | 0,70 |
| Areal solfangar | 25,0m ² |
| Hellingsvinkel: | 30 |

| | Månadsverdiar [kWh/mnd] | | | | | | |
|-------------|-------------------------|--------------|----------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| | Behov til | | Energitilskot solfangar | Nyttbart til | | SUM | |
| | Tappevatn | Oppvarming | | Tappevatn | Oppvarming | Nyttbart | Overskot |
| Januar | 417 | 350 | 1550 | 350 | 0 | 350 | 0 |
| Februar | 417 | 823 | 1025 | 417 | 406 | 823 | 0 |
| Mars | 417 | 1768 | 475 | 417 | 475 | 892 | 876 |
| April | 417 | 2310 | 75 | 417 | 75 | 492 | 1818 |
| Mai | 417 | 3080 | 0 | 417 | 0 | 417 | 2663 |
| Juni | 417 | 2975 | 0 | 417 | 0 | 417 | 2558 |
| Juli | 417 | 2888 | 0 | 417 | 0 | 417 | 2471 |
| August | 417 | 2660 | 0 | 417 | 0 | 417 | 2243 |
| September | 417 | 1750 | 0 | 417 | 0 | 417 | 1333 |
| Oktober | 417 | 963 | 250 | 417 | 250 | 667 | 296 |
| November | 417 | 315 | 875 | 315 | 0 | 315 | 0 |
| Desember | 417 | 228 | 1500 | 228 | 0 | 228 | 0 |
| SUM: | 5000 | 20108 | 5750 | 4643 | 1206 | 5848 | 14259 |

SUM nyttbar energi: 5848kWh

Dekningsgrad:

| | |
|----------------|-------|
| Tappevatn: | 92,9% |
| Romoppvarming: | 21,0% |
| Kombinasjon | 56,3% |

Tabell A.4 Eksempel 4: Solfangar til varming av tappevatn

| | |
|---------------------------|--------------------|
| BRA | 250m ² |
| Årleg behov tappevatn: | 5000kWh |
| Månadleg behov tappevatn: | 417kWh |
| Virkningsgrad solfangar | 0,70 |
| Areal solfangar | 10,0m ² |
| Hellingsvinkel: | 30 |

| | Månadsverdiar [kWh/mnd] | | | | | | |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| | Behov til | | Energitilskot solfangar | Nyttbart til | | SUM | |
| | Tappevatn | Oppvarming | | Tappevatn | Oppvarming | Nyttbart | Overskot |
| Januar | 417 | 140 | 1550 | 140 | 0 | 140 | 0 |
| Februar | 417 | 329 | 1025 | 329 | 0 | 329 | 0 |
| Mars | 417 | 707 | 475 | 417 | 290 | 707 | 0 |
| April | 417 | 924 | 75 | 417 | 75 | 492 | 432 |
| Mai | 417 | 1232 | 0 | 417 | 0 | 417 | 815 |
| Juni | 417 | 1190 | 0 | 417 | 0 | 417 | 773 |
| Juli | 417 | 1155 | 0 | 417 | 0 | 417 | 738 |
| August | 417 | 1064 | 0 | 417 | 0 | 417 | 647 |
| September | 417 | 700 | 0 | 417 | 0 | 417 | 283 |
| Oktober | 417 | 385 | 250 | 385 | 0 | 385 | 0 |
| November | 417 | 126 | 875 | 126 | 0 | 126 | 0 |
| Desember | 417 | 91 | 1500 | 91 | 0 | 91 | 0 |
| SUM: | 5000 | 8043 | 5750 | 3988 | 365 | 4353 | 3690 |

SUM nyttbar energi: 4353kWh

Dekningsgrad:

| | |
|----------------|-------|
| Tappevatn: | 79,8% |
| Romoppvarming: | 6,4% |
| Kombinasjon | 44,7% |

Vedlegg B: Investeringsanalyse for eksempla i vedlegg A

Tabell B.1 Noverdi for eksempel 1:

| | | |
|----------------------------|-------------------------|--|
| Levetid (n) | 50 år | (Levetid for bygningen) |
| Kvadratmeterpris solfangar | 1500 kr | (Investeringskostnader basert på prisar frå Solamor AS) |
| Solfangar | 30000 kr | |
| Pumper og utstyr | 8000 kr | |
| Varmelager | 30000 kr | |
| Installasjon | 10000 kr | |
| Investeringskostnad | 78000 kr | |
| Støtte gjennom Enova | 10000 kr | (20% av investeringskostnad, maksimum 10000kr) |
| I_0 | 68000 kr | (Investeringskostnad brukt i berekning) |
| I_el/fos_0 | 10000 kr | (Investeringskostnad alternativt varmesystem) |
| I_1 | 31034 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_2 | 14164 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_el/fos1 | 4564 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| I_el/fos2 | 2083 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| Levetid(m) | 20 år | (Levetid for teknisk installasjon) |
| Kalkulasjonsrente (r) | 4,0 % | |
| Q | 4359 kWh/år | (Varmebehov som er dekket av solfangar) |
| P_el/fos | 0,9 kr/kWh | (Antatt årsgjennomsnittleg kWh-pris) |
| n_el/fos | 1 | (Verknadsgrad elektrisk oppvarming) |
| B | 3923 kr | (Årleg privatøkonomisk sparing) |
| Noverdi= | <u>-12281 kr</u> | (Negativ noverdi => ikkje lønnsomt) |

Tabell B.2 Noverdi for eksempel 2:

| | | |
|----------------------------|------------------------|--|
| Levetid (n) | 50 år | (Levetid for bygningen) |
| Kvadratmeterpris solfangar | 1500 kr | (Investeringskostnader basert på prisar frå Solamnor AS) |
| Solfangar | 12000 kr | |
| Pumper og utstyr | 8000 kr | |
| Varmelager | 10000 kr | |
| Installasjon | 10000 kr | |
| Investeringskostnad | 40000 kr | |
| Støtte gjennom Enova | 8000 kr | (20% av investeringskostnad, maksimum 10000kr) |
| I_0 | 32000 kr | (Investeringskostnad brukt i berekning) |
| I_el/fos_0 | 10000 kr | (Investeringskostnad alternativt varmesystem) |
| I_1 | 14604 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_2 | 6665 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_el/fos1 | 4564 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| I_el/fos2 | 2083 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| Levetid(m) | 20 år | (Levetid for teknisk installasjon) |
| Kalkulasjonsrente (r) | 4,0 % | |
| Q | 3190 kWh/år | (Varmebehov som er dekket av solfangar) |
| P_el/fos | 0,9 kr/kWh | (Antatt årsgjennomsnittleg kWh-pris) |
| n_el/fos | 1 | (Verknadsgrad elektrisk oppvarming) |
| B | 2871 kr | (Årleg privatøkonomisk sparing) |
| Noverdi= | <u>25055 kr</u> | (Positiv noverdi => lønnsomt) |

Tabell B.3 Noverdi for eksempel 3:

| | | |
|----------------------------|-------------------------|--|
| Levetid (n) | 50 år | (Levetid for bygningen) |
| Kvadratmeterpris solfangar | 1500 kr | (Investeringskostnader basert på prisar frå Solarnor AS) |
| Solfangar | 37500 kr | |
| Pumper og utstyr | 8000 kr | |
| Varmelager | 40000 kr | |
| Installasjon | 10000 kr | |
| Investeringskostnad | 95500 kr | |
| Støtte gjennom Enova | 10000 kr | (20% av investeringskostnad, maksimum 10000kr) |
| I_0 | 85500 kr | (Investeringskostnad brukt i berekning) |
| I_el/fos_0 | 10000 kr | (Investeringskostnad alternativt varmesystem) |
| I_1 | 39021 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_2 | 17809 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_el/fos1 | 4564 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| I_el/fos2 | 2083 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| Levetid(m) | 20 år | (Levetid for teknisk installasjon) |
| Kalkulasjonsrente (r) | 4,0 % | |
| Q | 5848 kWh/år | (Varmebehov som er dekket av solfangar) |
| P_el/fos | 0,9 kr/kWh | (Antatt årsgjennomsnittleg kWh-pris) |
| n_el/fos | 1 | (Verknadsgrad elektrisk oppvarming) |
| B | 5264 kr | (Årleg privatøkonomisk sparing) |
| Noverdi= | <u>-12612 kr</u> | (Negativ noverdi => ikkje lønnsomt) |

Tabell B.4 Noverdi for eksempel 4:

| | | |
|----------------------------|------------------------|--|
| Levetid (n) | 50 år | (Levetid for bygningen) |
| Kvadratmeterpris solfangar | 1500 kr | (Investeringskostnader basert på prisar frå Solamnor AS) |
| Solfangar | 15000 kr | |
| Pumper og utstyr | 8000 kr | |
| Varmelager | 10000 kr | |
| Installasjon | 10000 kr | |
| Investeringskostnad | 43000 kr | |
| Støtte gjennom Enova | 8600 kr | (20% av investeringskostnad, maksimum 10000kr) |
| I_0 | 34400 kr | (Investeringskostnad brukt i berekning) |
| I_el/fos_0 | 10000 kr | (Investeringskostnad alternativt varmesystem) |
| I_1 | 15700 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_2 | 7165 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering i solvarmeanlegg) |
| I_el/fos1 | 4564 kr | (Noverdi av 1. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| I_el/fos2 | 2083 kr | (Noverdi av 2. framtidige investering alternativt varmesystem) |
| Levetid(m) | 20 år | (Levetid for teknisk installasjon) |
| Kalkulasjonsrente (r) | 4,0 % | |
| Q | 3988 kWh/år | (Varmebehov som er dekket av solfangar) |
| P_el/fos | 0,9 kr/kWh | (Antatt årsgjennomsnittleg kWh-pris) |
| n_el/fos | 1 | (Verknadsgrad elektrisk oppvarming) |
| B | 3589 kr | (Årleg privatøkonomisk sparing) |
| Noverdi= | <u>36479 kr</u> | (Positiv noverdi => lønnsomt) |

Vedlegg C: Strålingsfluks for Oslo

Samla gjennomsnittleg innstråling pr. måned og pr. år mot uskjerma flate.

Månadsverdiar [kWh/m² mnd.]

| Oslo | Vinkel | Jan | Feb | Mar | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des | SUM |
|--------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| HOR | 0 | 9 | 26 | 68 | 108 | 160 | 165 | 157 | 131 | 76 | 36 | 10 | 5 | 951 |
| N | 30 | 5 | 12 | 26 | 62 | 112 | 128 | 117 | 83 | 37 | 18 | 7 | 3 | 610 |
| N | 90 | 3 | 10 | 20 | 26 | 45 | 55 | 44 | 35 | 22 | 12 | 4 | 2 | 278 |
| NØ/NV | 30 | 5 | 14 | 41 | 75 | 122 | 134 | 124 | 95 | 51 | 22 | 7 | 3 | 693 |
| NØ/NV | 90 | 3 | 10 | 25 | 40 | 66 | 73 | 62 | 52 | 29 | 13 | 4 | 2 | 379 |
| Ø/V | 30 | 9 | 25 | 66 | 102 | 149 | 153 | 145 | 122 | 72 | 35 | 10 | 5 | 893 |
| Ø/V | 90 | 7 | 19 | 49 | 66 | 97 | 97 | 87 | 80 | 49 | 25 | 7 | 4 | 587 |
| SØ/SV | 30 | 17 | 40 | 90 | 123 | 169 | 167 | 160 | 144 | 92 | 49 | 16 | 11 | 1078 |
| SØ/SV | 90 | 21 | 42 | 81 | 89 | 111 | 102 | 95 | 100 | 73 | 45 | 16 | 13 | 788 |
| S | 30 | 20 | 47 | 101 | 132 | 176 | 170 | 165 | 152 | 100 | 55 | 18 | 13 | 1149 |
| S | 90 | 28 | 56 | 99 | 96 | 108 | 96 | 91 | 104 | 85 | 58 | 21 | 18 | 860 |

Kilde: Byggforskserien G472.411

Vedlegg D: Utslepp til luft av klimagasser 1973-2008

Utslipp til luft av klimagasser 1973-2008

| År | CO ₂ | | CH ₄ | N ₂ O | Tonn | | | | | | | | | | | Mill. tonn | |
|------------------|-----------------|------------|-----------------|------------------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|----------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| | Mill. tonn | 1 000 tonn | | | HFK23 | HFK32 | HFK125 | HFK134 | HFK134a | HFK143 | HFK143a | HFK152a | HFK227ea | C ₃ F ₈ | CF ₄ | C ₂ F ₆ | SF ₆ |
| GWP ¹ | 1 | 21 | 310 | 11 700 | 650 | 2 800 | 1 000 | 1 300 | 300 | 3 800 | 140 | 2 900 | 7 000 | 6 500 | 9 200 | 23 900 | |
| 1973 | 30,6 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1974 | 27,8 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1975 | 30,7 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1976 | 33,4 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1977 | 33,3 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1978 | 32,6 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1979 | 34,6 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1980 | 31,8 | 187 | 12 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 0 | .. |
| 1981 | 31,8 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1 | .. |
| 1982 | 30,9 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 91 | .. |
| 1983 | 31,9 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 100 | .. |
| 1984 | 33,7 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 185 | .. |
| 1985 | 32,2 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 199 | .. |
| 1986 | 34,7 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 240 | .. |
| 1987 | 33,1 | 217 | 13 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 20 | 50,7 |
| 1988 | 35,4 | 213 | 14 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 19 | 52,6 |
| 1989 | 34,0 | 225 | 15 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 18 | 48,9 |
| 1990 | 34,8 | 220 | 15 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 18 | 49,7 |
| 1991 | 33,4 | 222 | 15 | .. | .. | .. | .. | 0 | .. | .. | 0 | .. | .. | .. | .. | 36 | 47,7 |
| 1992 | 34,2 | 225 | 13 | .. | .. | .. | .. | 0 | .. | .. | 1 | .. | .. | .. | .. | 21 | 45,9 |
| 1993 | 35,9 | 228 | 14 | .. | .. | .. | .. | 2 | .. | .. | 1 | .. | .. | .. | .. | 21 | 48,0 |
| 1994 | 37,9 | 232 | 14 | .. | .. | .. | .. | 5 | .. | .. | 1 | .. | .. | .. | .. | 18 | 50,0 |
| 1995 | 37,8 | 231 | 14 | .. | .. | .. | .. | 10 | .. | .. | 2 | .. | .. | .. | .. | 18 | 49,7 |
| 1996 | 40,9 | 232 | 14 | .. | .. | .. | .. | 17 | .. | .. | 4 | .. | .. | .. | .. | 16 | 52,7 |
| 1997 | 41,0 | 233 | 14 | .. | .. | .. | .. | 25 | .. | .. | 7 | .. | .. | .. | .. | 15 | 52,6 |
| 1998 | 41,1 | 227 | 15 | .. | .. | .. | .. | 36 | .. | .. | 10 | .. | .. | .. | .. | 13 | 52,8 |
| 1999 | 42,0 | 220 | 15 | .. | .. | .. | .. | 50 | .. | .. | 15 | .. | .. | .. | .. | 12 | 53,8 |
| 2000 | 41,6 | 227 | 15 | .. | .. | .. | .. | 64 | .. | .. | 20 | .. | .. | .. | .. | 12 | 53,4 |
| 2001 | 43,0 | 227 | 14 | .. | .. | .. | .. | 79 | .. | .. | 27 | .. | .. | .. | .. | 12 | 54,6 |
| 2002 | 42,0 | 219 | 15 | .. | .. | .. | .. | 95 | .. | .. | 32 | .. | .. | .. | .. | 14 | 53,3 |
| 2003 | 43,4 | 220 | 14 | .. | .. | .. | .. | 112 | .. | .. | 34 | .. | .. | .. | .. | 10 | 54,0 |
| 2004 | 43,9 | 219 | 15 | .. | .. | .. | .. | 128 | .. | .. | 36 | .. | .. | .. | .. | 9 | 54,7 |
| 2005 | 42,9 | 211 | 15 | .. | .. | .. | .. | 149 | .. | .. | 37 | .. | .. | .. | .. | 8 | 53,7 |
| 2006 | 43,3 | 203 | 14 | .. | .. | .. | .. | 169 | .. | .. | 39 | .. | .. | .. | .. | 9 | 53,5 |
| 2007 | 45,0 | 210 | 14 | .. | .. | .. | .. | 194 | .. | .. | 40 | .. | .. | .. | .. | 10 | 55,1 |
| 2008 | 44,2 | 209 | 12 | .. | .. | .. | .. | 227 | .. | .. | 42 | .. | .. | .. | .. | 10 | 53,8 |

¹ Påvirkning på drivhuseffekten fra ett tonn utslipp av gassen sammenlignet med ett tonn utslipp av CO₂.

Kilde: Utslppsregnskapet til Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn.